



FUNDAÇÃO
renova

**AVALIAÇÃO DOS DADOS DO PROGRAMA DE
MONITORAMENTO QUALI QUANTITATIVO SISTEMÁTICO
(PMQQS) DE ÁGUA E SEDIMENTOS - RELATÓRIO TRIMESTRAL
(Referência: Agosto, Setembro e Outubro de 2017)**

Fevereiro/2018



**AVALIAÇÃO DOS DADOS DO PROGRAMA DE
MONITORAMENTO QUALI QUANTITATIVO
SISTEMÁTICO (PMQQS) DE ÁGUA E
SEDIMENTOS - FEVEREIRO/2018**

Relatório Parcial: RT-32-02-RH-36-17-P03

Belo Horizonte / 2018

SUMÁRIO EXECUTIVO

Com objetivo de acompanhar, ao longo do tempo, a recuperação da bacia do rio Doce e zona costeira e estuarina adjacentes, a Fundação Renova elaborou o Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de Água e Sedimentos da Bacia do rio Doce, com base no conteúdo mínimo produzido pela Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade da Água (CT-SHQA), cuja aprovação pelo Comitê Interfederativo (CIF) se deu pela Deliberação nº 53, de 31 de março de 2017. O programa iniciou-se em 31 julho de 2017 e possui caráter permanente, abrangendo também a avaliação de riscos toxicológicos e ecotoxicológicos, além de monitorar a efetividade das intervenções de recuperação ambiental realizadas por meio da avaliação sistemática da qualidade das águas e dos sedimentos.

A rede de monitoramento adotada pelo PMQQS é uma rede de tendência e foi definida em pontos estratégicos para o acompanhamento da evolução da qualidade das águas, identificação de tendências e apoio na elaboração de diagnósticos. Também foram incluídos pontos em que é realizado o monitoramento de vigilância para avaliação da qualidade das águas captadas no rio Doce que são utilizadas para consumo humano. As coletas manuais são realizadas com frequência mensal em 92 pontos de monitoramento e os resultados medidos pelas 22 estações automáticas de monitoramento são transmitidos on-line com frequência horária para o poder público, formando uma rede de informação e alerta para subsidiar o planejamento preventivo dos principais sistemas de abastecimento público de água e também direcionar as ações de recuperação e acompanhamento da qualidade da água do rio Doce, aumentando a segurança da informação relativa à qualidade da água.

Os resultados do monitoramento do PMQQS serão apresentados em relatórios técnicos trimestrais e anuais, com a consolidação e análise interpretativa dos dados gerados. Estes relatórios serão enviados ao CIF e a CT-SHQA para avaliação técnica e definição da pertinência e oportunidade da divulgação das informações para a sociedade. A Hidrogeo Engenharia e Gestão de Projetos foi contratada pela Fundação Renova para a elaboração destes relatórios técnicos, abordando uma análise crítica e interpretação dos resultados.

O presente documento se refere a análise dos dados gerados no primeiro trimestre de monitoramento do PMQQS, contemplando as campanhas de amostragem dos meses de agosto, setembro e outubro de 2017. Inicialmente foi apresentada uma contextualização do programa

de monitoramento e o resumo das ações de recuperação da bacia do rio Doce. Em seguida, foi retratada a metodologia de trabalho adotada, abordando os procedimentos de análise para avaliação dos dados de qualidade de água, sedimentos e de biota aquática e as informações referentes ao programa de monitoramento apresentando a localização dos pontos de amostragem e respectivas frequências de coleta e a estrutura resumida do banco de dados do programa. Na sequência é apresentada a análise e interpretação dos resultados do monitoramento das amostragens realizadas durante o trimestre dos meses de agosto, setembro e outubro de 2017. Como complementação, foram apresentados como anexos: embasamento técnico para uma melhor compreensão dos resultados de monitoramento ambiental (Anexo I); tabelas com a descrição dos pontos de coleta (Anexo II); detalhamento da metodologia de coleta e análises (Anexo III); todos os laudos laboratoriais do período avaliado (Anexo IV); as planilhas eletrônicas dos dados (Anexo V) e a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART (Anexo VI).

Os dados de monitoramento de qualidade de água, sedimentos e biota aquática do primeiro trimestre de monitoramento são correspondentes as campanhas de coletas de amostras com frequência mensal (agosto, setembro e outubro) e trimestral (outubro) do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de água e sedimentos da bacia do rio Doce, zona costeira e estuarina. Os resultados estão estruturados da seguinte forma:

- Água: qualidade das águas nos rios, medida pelas estações automáticas; qualidade das águas nos rios e lagoas, resultante das análises laboratoriais; descarga líquida (vazão); avaliação do transporte de carga de poluentes e qualidade das águas nos estuários e zona costeira, resultante das análises laboratoriais;
- Sedimentos: qualidade de sedimentos em rios e lagoas; qualidade de sedimentos e argilominerais em estuários e zona costeira; material particulado em suspensão e descarga sólida em rios;
- Biota aquática em rios, lagoas, estuários e zona costeira;
- Ecotoxicidade.

Com base nos dados das estações automáticas localizadas nos rios Gualaxo, Carmo e Doce, observou-se, de modo geral, valores de condutividade elétrica no que refletem uma concentração normal de íons em solução, com exceção das estações automáticas localizadas em Belo Oriente/MG e Governador Valadares/MG, que apresentaram maiores elevações da condutividade elétrica, com valores de até 3 vezes acima do nível alerta estabelecido para o

PMQQS de $150\mu\text{S}/\text{cm}$. As causas destes níveis elevados detectados foram investigadas e constatou-se a influência de fontes de lançamento de efluentes industriais e domésticos, não associadas aos rejeitos. Verificou-se um aumento gradativo e contínuo da condutividade do mês de agosto para o mês de outubro, a medida que a estação seca avançava.

Os dados de turbidez se mantiveram dentro do limite preconizado na legislação (100 NTU) na maioria dos pontos monitorados por meio das estações automáticas, com as seguintes exceções: as estações localizadas no rio Gualaxo do Norte e rio Carmo em Mariana e em Barra Longa, que apresentaram elevados valores de turbidez (de 0 a 3.984 NTU) possivelmente pela influência das obras de engenharia e movimentação de terra realizadas a montante desses pontos de monitoramento durante o período avaliado. Estes valores elevados também podem estar relacionados ao acúmulo de algas filamentosas nestes trechos do rio Gualaxo que ficam aderidas aos sensores de turbidez, tais constatações foram identificadas em campo nas visitas de manutenção preventiva semanais das estações automáticas. Nas estações automáticas localizadas no rio Doce à jusante da Barragem da Usina Hidroelétrica (UHE) Risoleta Neves os valores de turbidez variaram de 0 a 2.658 NTU, ou seja, também não atenderam à especificação legal (100 NTU), e provavelmente esse aporte de turbidez provém das obras de desassoreamento do reservatório da usina, que estão sendo realizadas à montante desses pontos. Os efeitos destas obras de desassoreamento podem ser percebidos no rio Doce até a estação localizada em Cachoeira Escura, distrito de Belo Oriente/MG. No final do mês de outubro verificou-se um aumento de turbidez em praticamente todas as estações de monitoramento automático, associado às chuvas ocorridas nos últimos dias do mês, já demonstrando um efeito do início da estação chuvosa.

Os resultados das análises físico-químicas para rios e lagoas, coletadas com frequência mensal, foram comparados aos limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 e Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 01/2008, para águas doces de enquadramento classe 2, visto que estes ambientes não possuem propostas de enquadramento aprovadas. Além disto, os resultados também foram comparados com os valores mínimos, médios e máximos obtidos nas séries históricas de monitoramento, pré e pós rompimento, do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), na porção de Minas Gerais, e do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), na porção do Espírito Santo, em pontos de amostragem coincidentes aos do PMQQS.

A maior parte dos parâmetros monitorados nos rios nas campanhas de agosto, setembro e outubro encontrou-se enquadrada em relação às normas ambientais utilizadas como valores de referência para esse estudo. Os resultados das análises físico-químicas dos ambientes lóticos refletiram uma boa recuperação das drenagens atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão, principalmente em relação a concentração de metais associados ao rejeito do processo de beneficiamento do minério de ferro (Al, Fe e Mn), assim como para os parâmetros turbidez e sólidos suspensos totais. Estes resultados podem estar associados as atividades de recuperação desenvolvidas na bacia, que envolvem principalmente as ações de contenção de rejeitos em Fundão bem como ações de contenções de rejeitos em margens e planícies de inundação e outras intervenções que possuem relação direta ou indireta com a qualidade da água, assim como a própria recuperação natural do ambiente.

Os parâmetros que apresentaram valores desenquadrados em relação à legislação ambiental para corpos hídricos do tipo águas doces classe 2 foram: *Escherichia coli*, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total. O oxigênio dissolvido apresentou, de modo geral, valores menores que o mínimo permitido (5mg/L) nos trechos a montante de Governador Valadares. A turbidez ficou em 182 NTU no mês de agosto no rio Gualaxo do Norte em Mariana/MG (RGN05) e no rio Doce em Belo Oriente/MG em 102 NTU (RDO 05), e em setembro no rio Doce em Sem Peixe/MG foi de 106 NTU (RDO 03). O pH apresentou resultado desconforme em outubro no rio Doce em Governador Valadares/MG (pH 5,2, RDO 08). Em relação aos metais, o manganês total apresentou ocorrências acima do valor máximo permitido da legislação (0,1 mg/L) em todos os pontos no rio Gualaxo do Norte (exceto no ponto de referência RGN 01) variando entre 0,039 e 0,279 mg/L, em ao menos uma das três amostras avaliadas no trimestre. O ferro dissolvido apresentou duas não conformidades acima do limite legal (0,3 mg/L) no rio Doce, uma no mês de agosto no ponto RDO 07 (0,545 mg/L) e outra no mês de outubro no ponto RDO 03 (0,709 mg/L). Já o alumínio dissolvido apresentou-se acima da legislação (0,1 mg/L) apenas no rio Doce (RDO 07) em agosto (0,14 mg/L). O parâmetro *Escherichia coli* apresentou-se desenquadrado em relação à legislação vigente (1000 NMP/100 ml), em diversos pontos localizados nos rios monitorados. A *E. coli* é uma bactéria que está presente em número elevado nas fezes humanas e de animais de sangue quente (aves e mamíferos), sendo raramente detectada na ausência de poluição fecal. Por isto, esta bactéria é considerada o indicador mais adequado de contaminação fecal em águas doces.

Considerando que as principais demandas de água na bacia englobam também os usos preponderantes para as águas de enquadramento classe 3 (dessedentação animal e irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras), vale destacar que a qualidade da água para estes usos esteve comprometida principalmente pela alta concentração da bactéria *Escherichia coli* em praticamente todos os rios monitorados, com destaque para o rio Matipó, que apresentou valores superiores a 9.000 NMP/100mL em todas as campanhas de amostragem.

Apesar das violações aos limites legais, ressalta-se que os rios Matipó, Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí Grande, Caratinga, Manhuaçu e Guandu não foram afetados com os rejeitos do rompimento da barragem de Fundão. Muitas destas violações já ocorriam na bacia do rio Doce antes mesmo do rompimento da barragem de Fundão, conforme demonstram os resultados de monitoramento da série histórica do IGAM e IEMA. Os rios monitorados na bacia já sofrem degradações ao longo de anos, pelo uso e ocupação do solo e atividades que contribuem para o carreamento de contaminantes para o leito dos rios. Os relatórios anuais de monitoramento do IGAM desde 1997 já apontavam a agricultura, a pecuária, a suinocultura, as atividades minerárias, o lançamento de efluentes industriais e os esgotos sanitários, o desmatamento, a erosão e o assoreamento como os principais fatores de pressão na bacia do rio Doce, elencando como principais indicadores de degradação os parâmetros: *Escherichia coli*, cor verdadeira, cianeto livre, fenóis totais, fósforo total, sólidos em suspensão totais, turbidez, alumínio dissolvido, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, mercúrio total, níquel total e zinco total.

Além dos rios da bacia de interesse e seus afluentes, são monitoradas também as lagoas localizadas nos municípios de Colatina/ES e Linhares/ES: Lagoa do Limão, Lagoa Juparanã, Lagoa Nova, Lagoa Monsarás, Lagoa do Areal e Lagoa do Areão (Pandolfi). Após o rompimento da barragem de Fundão, durante o período de cheia do rio Doce em janeiro de 2016, as águas do rio contendo sedimentos da barragem rompida adentraram canais e lagoas desta região conhecida por abrigar um dos mais representativos sistemas lacustres do Espírito Santo, com várias lagoas inseridas na porção hidrográfica da foz do rio Doce.

Os parâmetros que apresentaram valores desenquadrados em relação à legislação ambiental para lagoas, considerando águas doces de enquadramento classe 2 foram: *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, cloreto, cor, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total. O oxigênio dissolvido apresentou valores

menores que o mínimo permitido (5 mg/L) nas lagoas Nova e do Limão (2,2 e 3,4 mg/L) a profundidades maiores, e lagoas Areal, Monsarás e Juparanã (4,07 a 4,9 mg/L), em profundidades menores. O parâmetro sólidos dissolvidos totais apresentou-se elevado apenas na Lagoa Monsarás (de 306 a 3.698 mg/L) em todos os pontos, evidenciando uma interferência da água do mar próximo a esta lagoa, também justificada pela alta concentração de cloreto identificada (de até 1.572 mg/L), sendo o valor máximo permitido pela legislação (250 mg/L). Em relação aos metais, o manganês total apresentou ocorrências acima do valor máximo permitido da legislação (0,1 mg/L) na Lagoa Monsarás e do Limão (de 0,102 e 0,193 mg/L). O ferro dissolvido apresentou não conformidades apenas nas lagoas do Areal (de até 5,0 mg/L) e Areão (de até 0,503 mg/L). Assim como o ferro dissolvido, o alumínio dissolvido apresentou-se acima da legislação (0,1 mg/L) também nas lagoas do Areão (de até 0,333 mg/L) e Areal (de até 0,179 mg/L). O parâmetro *Escherichia coli* apresentou-se desenquadrado em relação à legislação vigente em pontos localizados nas lagoas Monsarás, Nova, Juparanã e do Limão (1.100 a 16.000NMP/100 mL). A lagoa do Areal apresenta ainda o parâmetro cor desenquadrado, na ordem de 200 mgPt/L tanto no mês de agosto quanto no mês de setembro.

Com base nos dados da perfilagem vertical das lagoas onde são registrados os parâmetros físico-químicos de 0,5 em 0,5 m, não foi verificada estratificação em relação aos parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido. O potencial redox apresentou pouca variação em algumas lagoas (geralmente as mais profundas), conforme esperado em lagoas para diferentes profundidades.

Os resultados de qualidade de água dos rios foram utilizados para se obter a classificação das amostras, em termos de índice de qualidade de água (IQA) e índice de contaminação por tóxicos (CT), utilizando-se metodologias da CETESB (2008) e IGAM (2012). Essas análises demonstram uma qualidade de água de classificação média nos trechos 1 e 2 (correspondentes ao trecho da Mina da Samarco até a UHE Baguari) a boa, nos trechos 3 e 4 (correspondentes ao trecho da UHE Baguari à foz). A classificação de todas as amostras das campanhas deste trimestre pelo índice de contaminação por compostos tóxicos, teve valor baixo (CT 1,0).

No monitoramento realizado pelo IGAM foram registrados, para a bacia do rio Doce nos anos anteriores ao rompimento da barragem de Fundão, maiores percentuais de IQA médio e baixa contaminação por tóxicos, sendo que a ocorrência de CT média e/ou alta esteve associada principalmente às elevações das concentrações dos parâmetros nitrogênio amoniacal total, arsênio total, cianeto e zinco total.

A medição de descarga líquida (vazão) foi realizada em pontos de monitoramento localizados nos rios com frequência mensal. As medições ocorreram no mesmo dia em que foram realizadas a determinação dos parâmetros de qualidade em campo e a coleta das amostras de água. Os valores de vazão foram ilustrados em mapas para cada mês de monitoramento do trimestre avaliado e foi observado um aumento gradativo da vazão do rio Doce, à medida que recebe os afluentes. Verificou-se também, de modo geral, uma queda na vazão do mês de setembro, em relação a agosto, e em outubro os valores se elevaram novamente, com a entrada do período chuvoso.

Foi realizada uma avaliação do transporte de carga de poluentes, obtido por meio dos dados de descarga líquida (vazão) e dos resultados dos parâmetros físico-químicos. Os gráficos espaciais de carga de poluentes, foram reportados em ton/mês para os parâmetros de maior interesse: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês dissolvido, sólidos dissolvidos totais. Observa-se, portanto, uma coerência nos resultados sendo que o parâmetro sólidos dissolvidos totais apresenta valores maiores do que todos os demais parâmetros como seria de se esperar e uma tendência de aumento de montante para jusante com o aumento da vazão da bacia. O comportamento do alumínio é de aumento exponencial, mas inferior ao aumento do ferro e manganês dissolvido, que possuem comportamento muito semelhante. Os óxidos de alumínio (Al_2O_3) são menos abundantes e também menos solúveis do que os óxidos de ferro e manganês (STUMM e MORGAM, 1998). Os ânions, por sua vez, também apresentam comportamento coerente. Nas áreas mais a montante da bacia apresentam baixa concentração, pois são mais insolúveis na faixa de pH encontrados nesse trecho, e na medida que a bacia recebe aporte de outras drenagens com concentração de fósforo, nitrato e nitrito provenientes de fontes de esgoto doméstico, essas concentrações aumentam.

Amostras de Material Particulado em Suspensão (MPS) foram coletadas em um ponto no rio Gualaxo do Norte e sete pontos do rio Doce, no mês de outubro, para caracterização química e granulométrica. Os resultados da análise de metais sugerem uma composição maior de ferro, seguido por alumínio, manganês e por vezes um pouco de boro. Os demais metais ocorrem em composição muito baixa em relação a esses primeiros citados. Os resultados da análise de granulometria indicam que a composição de silte foi a maior fração encontrada no MPS, variando de 66,07% a 89,14%, seguida da fração argila variando de 10,86% a 33,93%, o que já era esperado já que as partículas capazes de continuar em suspensão por mais tempo na água são as mais finas (argilas).

Foi realizada a medição de descarga sólida em suspensão em rios, no mês de outubro, utilizando o método de Igual Incremento de Distância. Com base nos dados obtidos, observou-se maiores valores de descarga sólida total (ton/dia) nos pontos do rio Doce em São Domingos do Prata/MG (RDO 03) e em Linhares/ES (RDO 15). O ponto no rio Gualaxo do Norte em Barra Longa (RGN 08) apresentou menores valores de descarga sólida total. No ponto do rio Doce a montante de Governador Valadares/MG (RDO 06) toda a descarga sólida verificada apresentou-se na forma de descarga sólida em suspensão, uma vez que a descarga de fundo foi zero, o que demonstra que naquele ponto o rio tem dificuldade em transportar o sedimento de fundo, por estar próximo ao barramento da UHE Baguari, possivelmente se caracteriza como área de remanso. No geral, a descarga sólida em suspensão (ton/dia) é maior que a descarga sólida de fundo (ton/dia), pois além do fluxo ser mais intenso na coluna d'água que no fundo, as partículas são mais pesadas do fundo tendem a ser mais difíceis de serem transportadas que as mais finas em suspensão.

Os resultados obtidos para as águas dos estuários e zona costeira foram comparados com a Resolução CONAMA 357/05 pra águas salobras e salinas - classe 1. Nas campanhas de monitoramento do PMQQS nos meses de agosto, setembro e outubro de 2017, os estuários ocorrem mais não conformidades que na zona costeira. Os parâmetros *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, pH, nitrito, nitrato, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e zinco total apresentaram-se acima do limite da legislação para alguns pontos dos estuários. Enquanto que para a zona costeira apenas houve excêndencias da legislação para os parâmetros *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, pH e nitrato. As desconformidades relacionadas a metais nos estuários ocorreram nos estuários do rio Riacho, Doce, Ipiranga, Barra Nova e Cricaré.

Foram realizados coletas e análises de amostras de sedimentos de fundo submetidas a caracterização química e de granulometria. Nos estuários e zona costeira, além destas análises também foi realizada a caracterização mineralógica. A coleta em rios e lagoas foi realizada mês de outubro, final do período seco e início do período chuvoso. Nos estuários e zona costeira, a frequência de coleta é mensal.

Diferentemente da legislação para qualidade das águas, no Brasil não há uma legislação específica que estabeleça padrões de qualidade para sedimentos em ambiente. Como referência, é comumente utilizada a Resolução CONAMA 454/12, que estabelece níveis de classificação de material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, sendo o nível 1 o limite abaixo do

qual há menor probabilidade de efeitos adversos a biota e o nível 2 o limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos a biota. Cabe ressaltar que para os metais ferro, alumínio e manganês não há limites de referências nesta legislação. Também como referência foram consultados trabalhos científicos, mas que devido a diferenças de metodologia apresentam algumas limitações quanto à comparação com os dados do PMQQS.

Os resultados de análises químicas de sedimento dos rios apresentaram concentrações acima do nível 2 da legislação de referência apenas para arsênio (17 mg/kg) no rio Gualaxo do Norte (27 mg/kg) (RGN01) e no rio do Carmo (216 mg/kg) (RCA01) em Barra Longa, ambos pontos não afetados pelos rejeitos. Concentrações acima do nível 1 foram constatadas para os parâmetros arsênio, cromo e níquel em pontos dos rios impactados bem como em afluentes não impactados, como o Piracicaba e Matipó. Estes metais já foram identificados em concentrações elevadas em estudos anteriores ao rompimento da barragem (Deschamps e Matschullat, 2007; Pacheco, 2015). Os resultados dos parâmetros mais associados aos rejeitos (ferro, alumínio e manganês) apresentaram grande variabilidade, sem padrão associado. O alumínio variou no sedimento do rio Doce de 681 a 25.487 mg/kg, sendo que afluentes não impactados como Piracicaba, Matipó e Caratinga apresentaram valores de ordem de até 11.825 mg/kg. Esses valores de alumínio podem ser considerados normais uma vez que representam 0,68 a 2,5% de alumínio. O ferro apresentou resultados variando, nos rios impactados, de 3.143 a 145.510 mg/kg, sendo que afluentes não impactados como o Piracicaba o ferro apresentou o maior valor registrado de 238.601 mg/kg, quase o dobro do maior valor encontrado no rio Doce. Esses valores podem ser considerados normais pois representam concentrações 0,3 a 23,8 % e o ferro é um elemento mais abundante do que o alumínio num ambiente fluvial. O manganês também apresentou grande variação nas concentrações com valores entre 25 a 2.321 mg/kg, nos rios impactados, sendo no ponto do rio Gualaxo do Norte não impactado pelo rejeito, apresentou a maior concentração de 3.912 mg/kg, apresentando um padrão de variação com concentrações menores no baixo rio doce e maiores nos afluentes mais acima como o Gualaxo do Norte, Carmo e Piracicaba.

Nos sedimentos de lagoas apresentaram concentrações acima do nível 2 da legislação de referência (17mg/kg) apenas para arsênio na Lagoa do Areal (31mg/kg, LAL 01) e na lagoa do Areão (70 mg/kg, LAO 02) em Linhares/ES. Concentrações acima do nível 1 da legislação de referência foram constatadas para os parâmetros: arsênio e nitrogênio kjedahl total em pontos das lagoas do Areal, Areão, Juparanã e Monsarás; cromo em pontos das lagoas Areal, Areão,

Juparanã e Nova; e carbono orgânico total em lagoa do Areal. Os resultados dos parâmetros mais associados aos rejeitos (ferro, alumínio e manganês) apresentaram grande variabilidade, sem padrão associado. O ferro, alumínio e manganês apresentaram maiores concentrações nas lagoas do Areão (Fe 387.752mg/kg; Al 29.116mg/kg; Mn 858mg/kg), Areal (Fe 170.565mg/kg; Al 39.562 mg/kg; Mn 1.520mg/kg) e Juparanã (Fe 100.042 mg/kg; Al 39.112 mg/kg; Mn 1.241mg/kg).

Também foram realizadas análises de pesticidas organoclorados e hidrocarbonetos no sedimento de rios e lagoas, cujos resultados dos ensaios realizados para quantificação destas substâncias apresentaram valores inferiores aos limites determinados pela legislação para todos os pontos.

Os resultados de granulometria de sedimentos dos rios apresentaram algumas diferenças quanto a distribuição de material. Ao longo do rio Doce, notou-se a predominância de areia fina no trecho entre a barragem de Fundão até UHE Risoleta Neves, seguido de silte, areia muito fina e areia média no trecho seguinte até Governador Valadares. Nos trechos a jusante de Governador Valadares até a foz, predominaram as frações granulométricas de areias muito finas a grossas, indicando que este rio passou por um período de menor energia de fluxo, seguido de um com maior energia no mês de outubro. Desta forma, o sedimento com granulometria mais fina encontra-se mais a montante com um aumento gradual de granulometria para jusante.

No rio Gualaxo do Norte, a fração granulométrica predominante foi areia muito fina e fina. Devido aos sedimentos depositados em sua planície, o rio Gualaxo do Norte possui baixa energia. No rio do Carmo o sedimento foi essencialmente composto por areia muito fina e grossa, e o rio Piranga por areia fina. No rio Piracicaba o sedimento apresentou distribuição bem heterogênea predominando areia muito grossa e silte. No rio Santo Antônio predominou a fração granulométrica areia grossa, e no Rio Caratinga areia fina. Nos rios Suaçuí Grande, Manhuaçu e Guandu apresentaram maior percentagem de partículas grossas. Os processos de carreamento de sedimento ao longo da bacia serão melhor avaliados nas próximas campanhas.

As amostragens de granulometria para as lagoas foram realizadas no mês de agosto e outubro, e a deposição de sedimentos nessas lagoas sofreram variações temporais. No geral as partículas granulométricas no mês de outubro foram menores que as encontradas em agosto.

Nos estuários, os resultados de análises químicas de sedimento apresentaram concentrações acima do nível 1 da legislação de referência apenas para arsênio (19 mg/kg) com

elevada frequência em diversas estações amostrais (de 25 a 61 mg/kg). E o nitrogênio kjeldahl valor de referência (4.800 mg/Kg) esteve em desconformidade em uma amostra pontual no estuário do rio Piraquê-Açú 02 (6.805 mg/kg).

Já para a região costeira, os resultados de análises químicas de sedimento apresentaram concentrações acima do nível 1 apenas para o arsênio (de 22 a 84 mg/Kg) em vários pontos com elevada frequência. O arsênio nível 2 da legislação (70mg/kg) somente foi ultrapassado em um único ponto em Aracruz. Isto já era esperado para o arsênio frente às altas concentrações deste metaloide no litoral do Espírito Santo, conforme já abordado por Mirlean *et al.* (2012). Além disso, nos pontos localizados ao sul da foz do rio Doce, foi observado desconformidade acima do nível 1 da legislação para nitrogênio kjeldahl em Povoação (9.142 mg/Kg) e Regência (5.993mg/kg), para níquel em Povoação (22mg/kg) e para zinco em Costa Dourada (159mg/kg).

Sabe-se que existe uma relação diretamente proporcional entre as concentrações de metais pesados e o teor da fração fina dos sedimentos. Sendo assim, os grãos de sedimento predominantes encontrados nas áreas estuarinas ao sul da foz do rio Doce nos meses de agosto, setembro e outubro foram respectivamente: areia média (24,3%), areia grossa (23,2%) e areia fina (39%). Já na foz do rio Doce, predominou a deposição de silte (59,58%), areia fina (29,28%) e areia média (39,02%), em agosto, setembro e outubro respectivamente.

Na porção norte da foz, de modo geral, predominou a deposição de areia média 25,7%, areia muito fina (24,6%) e areia muito grossa (20,5%), em agosto, setembro e outubro respectivamente

Os resultados de granulometria de sedimentos da zona costeira ao sul da foz do rio Doce, apresentaram predomínio de areia média em agosto (40%) e em outubro (31%). No mês de setembro a fração majoritária em termos de percentual foi a siltosa (25%), porém ressalta-se que essas ocorrências ocorreram apenas nos pontos localizados em Aracruz/ES e Linhares/ES (ZCS04, ZCS05 e ZCS06). Já na foz do rio Doce e ao norte do rio Doce, a predominância foi de silte. Desta forma, o teor de fração fina dos sedimentos nos meses amostrados foi mais frequente nos locais próximos a foz e ao norte da foz. A distribuição dos sedimentos é resultado da descarga sólida provenientes do rio e das condições meteo-oceanográficas.

As amostras de sedimentos da região costeira foram submetidas a análise semi-quantitativa por Difractometria de Raios X (DRX), que corresponde a uma das principais técnicas de caracterização de estruturas cristalinas empregada, principalmente, na

caracterização mineralógica de materiais geológicos, ou seja, na identificação de minerais. Os pontos de monitoramento, de modo geral, apresentaram maior predominância das fases cristalinas do quartzo, calcita magnesiana, caulinita e gibbsita. As fases mineralógicas: anortita, anortoclásio, aragonita, flogopita, goethita, magnetita, microclina, ortoclase também foram verificadas. Não foi observado quantidade significativa de hematita que seria a fase mineral associada ao minério de ferro e seu rejeito. Esse fato sugere que o impacto ambiental da ruptura da barragem de fundão na região costeira apresenta-se em um estágio mais avançado de termação natural, ou seja, com o passar do tempo o carreamento natural dos sedimentos tende a sobrepor ao material mais fino do rejeito que se depositou na região costeira.

As campanhas realizadas no mês de agosto, setembro e outubro, correspondem ao período de seca e é importante verificar as demais campanhas de monitoramento no período chuvoso, para uma descrição mais assertiva, em relação a qualidade de água e de sedimentos da bacia do rio doce como um todo.

A biota aquática foi analisada com frequência mensal em rios, lagoas, estuários e zona costeira considerando os grupos de organismos bioindicadores como o fitoplâncton (nos pontos localizados em rios e lagoas marginais) e os macroinvertebrados bentônicos (nos ambientes dulcícolas e marinhos). As espécies do fitoplâncton identificadas foram quantificadas, especialmente as cianobactérias que possuem potencial tóxico. Os macroinvertebrados bentônicos também foram quantificados para determinação dos índices saprobiótico e BMWP, que podem ser indicativos da recuperação da bacia.

Para a comunidade das algas planctônicas, as maiores densidades variaram entre as classes Bacillariophyceae e Chlorophyceae, e as maiores riquezas entre as classes Bacillariophyceae e Zynematophyceae. As bacilariofíceas (diatomáceas) constituem uma parcela expressiva da comunidade, principalmente em ambientes lóticos, por possuírem as paredes celulares compostas por sílica (denominadas frústulas) propiciando uma densidade mais alta em relação às outras algas e que podem ser ressuspensas para condições mais adequadas de luminosidade na zona de mistura. Além disto, também possuem estruturas que permitem sua adaptação ao fluxo unidirecional da água, como bainha de mucilagem, espinhos ou setas que são utilizados para flutuação e estruturas para fixação aos substratos como forma de garantir maior estabilidade. As maiores densidades deste grupo foram as diatomáceas do gênero *Nitzschia* spp. que geralmente são encontradas em águas rasas, enriquecidas com nutrientes e susceptíveis a turbidez.

As clorofíceas (algas verdes) são também muito abundantes na comunidade fitoplanctônica, apresentando ciclos de vida curto. São espécies oportunistas, atingindo taxas de crescimento mais rápido quando a disponibilidade de nutrientes é ajustada. As espécies mais representativas deste grupo foram *Chlamydomonas* sp. e *Scenedesmus* sp. Estas últimas não possuem motilidade sendo encontradas preferencialmente em ambientes pouco profundos e enriquecidos com nutrientes. As desmidiáceas (classe Zygnematophyceae) são muito comuns em diversos ambientes de água doce, sendo exclusivas desses ambientes. Algumas espécies como *Cosmarium* sp são resistentes a deficiência de nutrientes, porém sensíveis ao aumento do pH.

As diferenças na composição específica entre os trechos foram investigadas por meio do teste Permanova e não foram detectadas anomalias nos padrões encontrados, considerando-se as classes de algas identificadas, sendo que as maiores diferenças observadas foram atribuídas ao tipo de ambiente (lóticos ou lênticos).

A densidade das cianobactérias não ultrapassou os valores máximos permitidos na legislação para águas de enquadramento de classes 2 e 3 (para uso de dessedentação animal) de 50.000 cél./mL e nem o limite permitido para o uso de contato primário de 10.000 cél./mL. Ressalta-se que o rio Doce já apresentou diversos episódios de florações destas algas em anos anteriores, segundo o monitoramento realizado pelo IGAM. Cabe destacar que foi observada a ocorrência de espécies incluídas na lista de cianobactérias potencialmente tóxicas em alguns pontos de monitoramento. No entanto, é necessário pontuar que a presença dessas espécies, mesmo que em altas densidades, não acarreta, necessariamente, toxicidade da água. A produção de toxina das cianobactérias varia em função da interação de diversos fatores, como a genética, a fisiologia do organismo e os parâmetros ambientais.

Considerando o zoobentos de água doce foram coletados cerca de 20.300 indivíduos (abundância absoluta), e 38 taxa pertencentes aos filos Annelida, Mollusca e Arthropoda. Para esta comunidade, foram notadas diferenças entre os trechos, sendo que o Trecho 3 apresentou os melhores resultados, registrando a maior abundância e riqueza de taxa, assim como valores mais satisfatórios para o índice BMWP-CETEC, e IBM. Nos Trechos 1 e 4 foram registradas as maiores dominâncias de espécies, e por conseguinte, as menores diversidade e riqueza. Ressalta-se que o Trecho 1 contém apenas um ponto de amostragem, o que pode ter influenciado esse resultado.

Cabe também destacar, a expressiva frequência de ocorrência da família Chironomidae (30 das 51 unidades amostrais), cuja a abundância está associada ao aporte de matéria orgânica no meio, e sobretudo, à presença da espécie invasora *Corbicula fluminea*, encontrada em 49 das 51 unidades amostrais. Já o zoobentos marinho apresentou uma alternância nos padrões de riqueza e abundância, sendo que a macrofauna foi mais rica e abundante na zona costeira e estuários ao sul da foz do rio Doce, enquanto que a meiofauna foi mais rica e abundante na zona costeira e estuários ao norte da foz.

Os resultados dos testes de ecotoxicidade aguda, que foram utilizados para medir os efeitos de agentes tóxicos sobre as espécies aquáticas *Danio rerio* (peixe) e *Daphnia similis* (microcrustáceo) nos pontos localizados nas lagoas marginais e alguns trechos dos rios Gualaxo, Carmo e Doce, demonstraram toxicidade apenas na Lagoa Juparanã (LJP 01) na profundidade de 2,75m para os dois níveis da cadeia trófica, mas para a espécie *Danio rerio* a toxicidade foi maior.

Os ensaios da toxicidade crônica foram realizados em amostras de água e de sedimentos em todos os pontos localizados em rios e lagoas marginais utilizando-se a espécie de microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* para amostras de água e sedimento e a espécie de microalga *Pseudokirchneriella subcapitata* também para a água. Os resultados dos testes nas amostras de água não apontaram um padrão consistente para todos os trechos. Nos ambientes lóticos foram observados efeitos tóxicos nos dois níveis da cadeia trófica em um ponto de referência no rio do Carmo (RCA 01), em dois pontos no rio Gualaxo do Norte (RGN 04 e RGN 05) e em dois pontos no rio Doce (RDO 09 em Tumiritinga e RDO 11 em Baixo Guandú), sendo que para a espécie de microcrustáceo a toxicidade foi maior. Considerando os ambientes lênticos a maior parte dos resultados indicou efeitos tóxicos para o microcrustáceo e efeitos não tóxicos para a alga verde, sendo que a maior toxicidade para *Ceriodaphnia dubia* foi detectada em um ponto sem interferência de lançamento de efluentes da Lagoa do Areal (LAL 01). Apenas no ponto LNV 03 na Lagoa Nova foi detectada toxicidade para ambos níveis da cadeia trófica e somente o ponto LJP 03 da Lagoa Juparanã apresentou efeitos não tóxicos para as duas espécies.

Nos sedimentos os ensaios crônicos foram realizados com a preparação de elutriatos e assim como ocorreu para as amostras de água os resultados não indicaram um padrão consistente para os trechos. Os pontos que apresentaram maior toxicidade foram os localizados no rio do Carmo em Barra Longa (RCA 03, RCA 04 e RCA 05), no rio Piranga em Ponte Nova

(RPG 01), no rio Piracicaba em Timóteo (RPC 03) e no rio Doce nas proximidades das cidades de Rio Doce (RDO 01), São Domingos do Prata (RDO 03), Baixo Guandu (RDO 11) e Colatina (RDO 13).

O IGAM inseriu os ensaios de ecotoxicidade no Programa Águas de Minas a partir de 2001, contemplando alguns pontos na bacia do rio Doce, visando aprimorar as informações referentes à toxicidade causada pelos lançamentos de substâncias tóxicas nos corpos de água, inicialmente focada nos impactos de agrotóxicos. Nos ensaios de ecotoxicidade crônica o organismo utilizado é o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* e os dados anteriores ao rompimento da barragem de Fundão apontaram efeitos crônicos em alguns trechos do rio Doce e seus afluentes.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	35
1.1 Contextualização	35
2. RESUMO DAS AÇÕES DE RECUPERAÇÃO DA BACIA DO RIO DOCE	38
2.1 Ações de contenção em Fundão	38
2.2 Ações de contenção de margens e planícies de inundação	39
2.3 Ações em Candonga.....	40
2.4 Ações de recuperação de Nascentes e APPs	41
2.5 Ações do plano de manejo de rejeitos.....	41
3. METODOLOGIA DE TRABALHO	43
3.1 Procedimento de Análise dos Dados.....	43
3.1.1 Dados de Água.....	43
3.1.2 Dados de Sedimentos e Material Particulado em Suspensão	44
3.1.3 Dados de Biota Aquática	45
3.2 Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Águas e Sedimentos	46
3.2.2 Pontos de Amostragem Estações Automáticas.....	55
3.2.3 Pontos de Amostragem - Estuários e Zona Costeira.....	60
4. BANCO DE DADOS.....	63
5. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	64
5.1 Estações Automáticas	64
5.2 Qualidade das Águas Superficiais Interiores - Rios e Lagoas	101
5.2.1 Trecho 1	101
5.2.2 Trecho 2	116
5.2.3 Trecho 3	126
5.2.4 Trecho 4	136
5.2.5 Índice de Qualidade de Água (IQA).....	164
5.2.6 Contaminação por Tóxicos - CT	166
5.3 Descarga Líquida	166
5.4 Avaliação do Transporte de Carga de Poluentes para os Parâmetros de Interesse	172
5.5 Qualidade das Águas Superficiais - Estuário e Zona Costeira.....	176
5.5.1 Estuário	176
5.5.2 Zona Costeira.....	199
5.6 Qualidade de Sedimentos – Rios e Lagoas	219
5.6.1 Análise Química de Sedimentos de Rios e Lagoas	223
5.6.2 Granulometria	242
5.7 Material Particulado em Suspensão (MPS)	267
5.7.1 Análise Química do material particulado em suspensão (MPS)	267
5.7.2 Granulometria do material particulado em suspensão (MPS)	269
5.8 Descarga Sólida.....	270

5.9	Qualidade de Sedimentos - Estuário e Zona Costeira.....	273
5.9.1	Análise Química dos Sedimentos da Região Costeira.....	273
5.9.2	Estuários	273
5.9.3	Zona Costeira.....	281
5.9.4	Granulometria dos sedimentos da região costeira	291
5.9.5	Argilominerais dos sedimentos da Região Costeira	312
5.10	Biota Aquática - Rios e Lagos	322
5.10.1	Fitoplâncton	322
5.10.2	Zoobentos	363
5.11	Biota Aquática – Estuários e Zona Costeira	394
5.11.1	Zoobentos Marinho.....	394
5.11.2	Meiofauna	421
5.12	Ecotoxicidade.....	448
5.12.1	Ecotoxicidade na Água	448
5.12.2	Ecotoxicidade no Sedimento	458
6.	CONCLUSÕES	465
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	470

ANEXOS

ANEXO I - EMBASAMENTO TÉCNICO PARA INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

ANEXO II – TABELAS COM A DESCRIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAGEM

ANEXO III – METODOLOGIA DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

ANEXO IV - LAUDOS LABORATORIAIS

ANEXO V - PLANILHAS EM EXCEL COM OS DADOS BRUTOS

ANEXO VI - ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

ANEXO VII – ARQUIVOS SHAPEFILES DOS MAPAS

Lista de Figuras

Figura 3.1: Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem Manual e Estações Automáticas do PMQQS, localizados da Mina da Samarco até a UHE Risoleta Neves..... 48

Figura 3.2: Pontos de Amostragem do Programa de Monitoramento de Qualidade de Água e Sedimento do Rio Doce localizados da UHE Risoleta Neves até a UHE Baguari 50

Figura 3.3: Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem Manual e Estações Automáticas do PMQQS, localizados da UHE Baguari até a UHE Aimorés-	52
Figura 3.4: Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem Manual e Estações Automáticas do PMQQS, localizados da UHE Aimorés até a foz.	54
Figura 3.5: Sonda multiparamétrica para medição de qualidade de água nas estações Tipo II (Modelo EXO2 da YSI).....	57
Figura 3.7: Foto de uma estação automática TIPO II instalada em Barra Longa (RCA02). ..	58
Figura 3.8: Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem do PMQQS da Zona Costeira e Estuários.	62
Figura 5.1: Estação RGN06 - Foram identificadas a presença de algas aderidas no turbidímetro em campo nas visitas de manutenção semanais.	80
Figura 5.1: Índice de Qualidade de Águas (IQA) para os pontos de monitoramento do PMQQS	165
Figura 5.2: Mapa com as vazões- Agosto/17.	169
Figura 5.3: Mapa com as vazões - Setembro/17.	170
Figura 5.4: Mapa com as vazões - Outubro/17.	171

Lista de Gráficos

Gráfico 5.1: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio do Carmo (RCA 02) em Barra Longa/MG.	66
Gráfico 5.2: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 01) no município de Rio Doce/MG.	67
Gráfico 5.3: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 02) no município de Rio Doce/MG.	68
Gráfico 5.4: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 03) no município de São Domingos do Prata/MG.	69
Gráfico 5.5: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 04) no município de Bom Jesus do Galho/MG.	70
Gráfico 5.6: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 05) no município de Belo Oriente/MG.	71
Gráfico 5.7: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 08) no município de Governador Valadares/MG.	73
Gráfico 5.8: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 12) no município de Colatina/MG.....	75
Gráfico 5.9: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada no Rio Gualaxo do Norte (RGN 01) no município de Mariana/MG.	77
Gráfico 5.10: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada no Rio Gualaxo do Norte (RGN 06) no município de Mariana/MG.	79

Gráfico 5.11: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada Rio Gualaxo do Norte (RGN 08) no município de Mariana/MG.	81
Gráfico 5.12: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada no Rio do Carmo (RCA 01) no município de Acaiaca/MG.	83
Gráfico 5.13: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio do Carmo (RCA 02) no município de Barra Longa/MG.	84
Gráfico 5.14: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 01) no município de Rio Doce/MG.	85
Gráfico 5.15: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 02) no município de Rio Doce/MG.	86
Gráfico 5.16: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 03) no município de São Domingos da Prata/MG.	87
Gráfico 5.17: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 04) no município de Bom Jesus do Galho/MG.	88
Gráfico 5.18: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 05) no município de Belo Oriente/MG.	89
Gráfico 5.19: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 08) no município de Governador Valadares/MG.	90
Gráfico 5.20: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 12) no município de Colatina/MG.	91
Gráfico 5. 21: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio do Carmo (RCA 02) no município de Barra Longa/MG.	93
Gráfico 5.22: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 01) no município de Rio Doce/MG.	94
Gráfico 5.23: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 02) no município de Rio Doce/MG.	95
Gráfico 5.24: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 03) no município de São Domingos da Prata /MG.	96
Gráfico 5.25: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 04) no município de Bom Jesus do Galho /MG.	97
Gráfico 5.26: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 05) no município de Belo Oriente/MG.	98
Gráfico 5.27: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 08) no município de Governador Valadares/MG.	99
Gráfico 5.28: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 12) no município de Colatina/MG.	100
Gráfico 5.29: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro alumínio dissolvido.	172
Gráfico 5.30: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro ferro dissolvido.	173
Gráfico 5.31: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro sólidos totais dissolvidos.	173

Gráfico 5.32: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro manganês dissolvido.	174
Gráfico 5.33: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro fósforo.	174
Gráfico 5.34: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro nitrato.	175
Gráfico 5.35: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro nitrito.	175
Gráfico 5.36: Curva granulométrica do rio Gualaxo do Norte.....	243
Gráfico 5.37: Curva de distribuição granulométrica do rio Carmo.....	244
Gráfico 5.38: Curva de distribuição granulométrica do rio Piranga	245
Gráfico 5.39: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce	246
Gráfico 5.40: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce	248
Gráfico 5.41: Curva de distribuição granulométrica do rio Matipó	249
Gráfico 5.42: Curva de distribuição granulométrica do rio Piracicaba	250
Gráfico 5.43: Curva de distribuição granulométrica do rio Santo Antônio	251
Gráfico 5.44: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce	253
Gráfico 5.45: Curva de distribuição granulométrica do rio Suaçuí.....	254
Gráfico 5.46: Curva de distribuição granulométrica do rio Caratinga	255
Gráfico 5.47: Curva de distribuição granulométrica do rio Manhuaçu.....	256
Gráfico 5.48: Curva de distribuição granulométrica do rio Guandu	258
Gráfico 5.49: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce	259
Gráfico 5.50: Curva de distribuição granulométrica do lagoa do Limão	260
Gráfico 5.51: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Nova.....	261
Gráfico 5.52: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Juparana	262
Gráfico 5.53: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Areão.....	263
Gráfico 5.54: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Areal.....	264
Gráfico 5.55: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Monsarás	265
Gráfico 5.56: Análise granulométrica dos sedimentos MPS ao longo do rio Doce	269
Gráfico 5.57: Curva de distribuição granulométrica do estuário do rio Riacho (ERR), Aracruz/ES	292
Gráfico 5.58: Curva de distribuição granulométrica do estuário Piraquê-Açu (EPA)- Aracruz/ES	293
Gráfico 5.60: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Doce (ERD), Linhares	295
Gráfico 5.61: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Ipiranga (ERI), Linhares/ES	296
Gráfico 5.62: Curva de distribuição granulométrica do estuário Barra Nova (EBN), São Mateus/ES.....	297

Gráfico 5.63: Curva de distribuição granulométrica do estuário Cricaré (ECR), Conceição da Barra/ES	298
Gráfico 5.64: Curva de distribuição granulométrica do estuário Itaúnas (EIT)- Conceição da Barra/ES.	299
Gráfico 5.65: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Mucuri (ERU), Mucuri	300
Gráfico 5.66: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Caraveas (ERC)- Nova Viçosa/ES	301
Gráfico 5.67: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Caravelas (ERC)- Caravelas	302
Gráfico 5.68: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCS 05 e 06 (Regência)- Linhares/ES	303
Gráfico 5.69: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCS 01, 02, 03 e 04, Aracruz	304
Gráfico 5.70: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCS 07 e 08, Serra	305
Gráfico 5.71: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 01, 02 e 03, Linhares	306
Gráfico 5.72: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 04, 05 e 06, São Mateus	307
Gráfico 5.73: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 07 e 08, Mucuri	308
Gráfico 5.74: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 09, Nova Viçosa	309
Gráfico 5.75: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 10, Caravelas	310
Gráfico 5.76: Composição de algas planctônicas nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017..	323
Gráfico 5.77: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes de algas lanctônicas.	324
Gráfico 5.78: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes fitoplanctônicas encontradas no Trecho 1.	324
Gráfico 5.79: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	327
Gráfico 5.81: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	329
Gráfico 5.82: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	330
Gráfico 5.83: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	331

Gráfico 5.84: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes fitoplanctônicas encontradas no Trecho 2.	332
Gráfico 5.85: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	334
Gráfico 5.86: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	335
Gráfico 5.87: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	336
Gráfico 5.88: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	337
Gráfico 5.89: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	338
Gráfico 5.90: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes fitoplanctônicas encontradas no Trecho 3.	339
Gráfico 5.91: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	341
Gráfico 5.92: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	342
Gráfico 5.93: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	343
Gráfico 5.94: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	344
Gráfico 5.95: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	345
Gráfico 5.96: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	348
Gráfico 5.97: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	349
Gráfico 5.98: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	350
Gráfico 5.99: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	351
Gráfico 5.100: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	352
Gráfico 5.101: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	355
Gráfico 5.102: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	356

Gráfico 5.103: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	357
Gráfico 5.104: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	358
Gráfico 5.105: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	359
Gráfico 5.106: Representação gráfica dos dois primeiros eixos do NMDS, mostrando a organização espacial do fitoplâncton nos trechos amostrados.	360
Gráfico 5.107: Percentual dos filos de Zoobentos de Água Doce para o período de estudo.	364
Gráfico 5.108: Variação da Riqueza de <i>Taxa</i> de Zoobentos encontradas nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	365
Gráfico 5.109: Variação do BMWP-CETEC, por ponto de coleta e por trecho, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	366
Gráfico 5.110: Variação do Índice Multimétrico Bentônico - IBM, por ponto de coleta e por trecho, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	367
Gráfico 5.112: Variação da Densidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	369
Gráfico 5.113: Variação do Índice de Shannon de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	369
Gráfico 5.114 Variação do Índice de Simpson de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	370
Gráfico 5.115: Variação da Equitabilidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	370
Gráfico 5.116: Variação da Riqueza de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	372
Gráfico 5.117: Variação da Densidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	373
Gráfico 5.118: Variação do Índice de Shannon de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	375
Gráfico 5.119: Variação do Índice de Simpson de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	376
Gráfico 5.120: Variação da Equitabilidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	377
Gráfico 5.121: Variação da Riqueza de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	379
Gráfico 5.122: Variação da Densidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	380

Gráfico 5.123: Variação do Índice de Shannon de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	382
Gráfico 5.124: Variação do Índice de Simpson de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	383
Gráfico 5.125: Variação da Equitabilidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	384
Gráfico 5.126: Variação da Riqueza de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	386
Gráfico 5.127: Variação da Densidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	387
Gráfico 5.128: Variação do Índice de Shannon de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	389
Gráfico 5.129: Variação do Índice de Simpson de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	390
Gráfico 5.130: Variação da Equitabilidade de <i>Taxa</i> de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	391
Gráfico 5.132: Lista da composição da macrofauna e respectivas densidades por trechos amostrados e mês de coleta.	395
Gráfico 5.133: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	397
Gráfico 5.134: Variação da Riqueza de <i>taxa</i> da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	398
Gráfico 5.135: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	399
Gráfico 5.136: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	400
Gráfico 5.137: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	401
Gráfico 5.138: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	403
Gráfico 5.139: Variação da Riqueza de <i>taxa</i> da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	404
Gráfico 5.140: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	405
Gráfico 5.141: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	406
Gráfico 5.142: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	407
Gráfico 5.143: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	409

Gráfico 5.144: Variação da Riqueza de <i>taxa</i> da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	410
Gráfico 5.145: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	411
Gráfico 5.146: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	412
Gráfico 5.147: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	413
Gráfico 5.148: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	415
Gráfico 5.149: Variação da Riqueza de <i>taxa</i> da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	416
Gráfico 5.150: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	417
Gráfico 5.151: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	418
Gráfico 5.152: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	419
Gráfico 5.153: Representação gráfica dos dois primeiros eixos do NMDS, mostrando a organização espacial da macrofauna trechos amostrados.....	420
Gráfico 5.154: Lista da composição da meiofauna e respectivas densidades por trechos amostrados e mês de coleta.	422
Gráfico 5.155: Variação da Densidade da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	424
Gráfico 5.156: Variação da Riqueza de <i>taxa</i> da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	425
Gráfico 5.157: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	426
Gráfico 5.158: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	427
Gráfico 5.159: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	428
Gráfico 5.160: Variação da Densidade da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	430
Gráfico 5.161: Variação da Riqueza de <i>taxa</i> da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	431
Gráfico 5.162: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	432
Gráfico 5.163: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	433

Gráfico 5.164: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	434
Gráfico 5.165: Variação da Densidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	436
Gráfico 5.166: Variação da Riqueza de taxa da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	437
Gráfico 5.167: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	438
Gráfico 5.168: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	439
Gráfico 5.169: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	440
Gráfico 5.170: Variação da Densidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	442
Gráfico 5.171: Variação da Riqueza de taxa da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	443
Gráfico 5.172: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	444
Gráfico 5.173: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	445
Gráfico 5.174: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	446
Gráfico 5.175: Representação gráfica dos dois primeiros eixos do NMDS, mostrando a organização espacial da meiofauna trechos amostrados.....	447
Gráfico 5.176: Percentual geral dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> por trechos de coletas realizados em Agosto de 2017.....	449
Gráfico 5.177: Percentual dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> , realizados em Agosto de 2017 para os ambientes lóticos e lênticos do Trecho 4.....	455
Gráfico 5.178: Percentual geral dos ensaios ecotoxicológicos agudo na água com <i>Danio rerio</i> e <i>Daphnia Ssimilis</i> , realizados em Agosto de 2017 por trechos.....	456
Gráfico 5.179: Percentual geral dos ensaios ecotoxicológicos crônico do sedimentos com <i>Ceriodaphnia dubia</i> , realizados em Outubro de 2017.....	459
Gráfico 5.180: Percentual dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com <i>Ceriodaphnia dubia</i> realizados para os ambientes lóticos (a) e lênticos (b) em Outubro de 2017 para o Trecho 4.....	464

Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Estações Automáticas-Tipo I com a identificação dos pontos.....	56
Tabela 3.2 - Estações Automáticas-Tipo II com a identificação dos pontos.....	56
Tabela 3.3 - Frequência de amostragem manual para qualidade de água e sedimento nos pontos de rios e lagoas	59
Tabela 3.4 – Frequência de amostragem biológica manual.....	60
Tabela 3.5 - Frequência de amostragem das estações automáticas	60
Tabela 5.1 – Valores médios de condutividade elétrica do PMQQS (ago, set e out/17) e do IGAM e IEMA	76
Tabela 5.2 – Valores médios de turbidez do PMQQS (agosto/17) e do IGAM e IEMA.....	92
Tabela 5.3 – Valores médios de oxigênio dissolvido do PMQQS (ago, set e out/17) e do IGAM e IEMA	101
Tabela 5.4 - Dados de qualidade de água superficial do Dique S3 e Dique S4 - Trecho 1 (RVD03 e RVD04).....	102
Tabela 5.5 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Gualaxo no Norte - Trecho 1 (RGN 01, 02 e 03).	103
Tabela 5.6 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Gualaxo no Norte - Trecho 1 (RGN 04, 05 e 06).	104
Tabela 5.7 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Gualaxo no Norte - Trecho 1 (RGN 07 e 08).	105
Tabela 5.8 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 01).	106
Tabela 5.9 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 02).	107
Tabela 5.10 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 03 e 04).....	108
Tabela 5.11 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 05 e 06).....	109
Tabela 5.12 - Dados de qualidade de água superficial do rio Piranga- Trecho 1 (RPG 01)..	110
Fonte: Fundação Renova, 2017.	110
Tabela 5.13 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce - Trecho 1.....	111
Tabela 5.14 – Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO 03) - Trecho 2...	117
Tabela 5.15 – Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO 04 e 05) - Trecho 2.	118
Tabela 5.16 – Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO 06) - Trecho 2...	119
Tabela 5.17 – Dados de qualidade de água superficial do rio Matipó (RMA 01) - Trecho 2.	120
Tabela 5.18 – Dados de qualidade de água superficial do rio Piracicaba (RPC 01) - Trecho 2	121

Tabela 5.19 – Dados de qualidade de água superficial do rio Santo Antônio (RSA 01) - Trecho 2.	122
Tabela 5.20 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO07)- Trecho 3.	127
Tabela 5.21 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO08)- Trecho 3.	128
Tabela 5.22 – Dados de qualidade de água superficial do rio Suaçuí- Trecho 3.	129
Tabela 5.23 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO09)- Trecho 3.	130
Tabela 5.24 – Dados de qualidade de água superficial do rio Caratinga- Trecho 3.	131
Tabela 5.25 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO10)- Trecho 3.	132
Tabela 5.26 – Dados de qualidade de água superficial do rio Manhuaçu- Trecho 3.	133
Tabela 5.27 - Dados de qualidade de água superficial do rio Guandu-Trecho 4.	138
Tabela 5.28 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Baixo Gandu).	139
Tabela 5.29 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Itapina).	140
Tabela 5.30 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Colatina).	141
Tabela 5.31 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Colatina).	142
Tabela 5.32 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Linhares).	143
Tabela 5.33 - Dados de qualidade de água superficial rio Doce-Trecho 4 (Regência).	144
Tabela 5.33 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Limão (LLM01).	147
Tabela 5.34 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Limão (LLM02).	148
Tabela 5.35 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Limão (LLM03).	149
Tabela 5.36 - Dados de Monitoramento da Lagoa Juparanã (LJP01).	150
Tabela 5.37 - Dados de Monitoramento da Lagoa Juparanã (LJP02).	151
Tabela 5.38 - Dados de Monitoramento da Lagoa Juparanã (LJP03).	152
Tabela 5.39 - Dados de qualidade de água da Lagoa Nova- LNV 01.	153
Tabela 5.40 - Dados de qualidade de água da Lagoa Nova- LNV 02.	154
Tabela 5.41 - Dados de qualidade de água da Lagoa Nova- LNV 03.	155
Tabela 5.42 - Dados de qualidade de água da Lagoa Monsarás (LMN 01).	156
Tabela 5.43 - Dados de qualidade de água da Lagoa Monsarás (LMN02).	157
Tabela 5.44 - Dados de qualidade de água da Lagoa do Areal.	158
Tabela 5.45 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Areão (LAO01).	159
Tabela 5.46 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Areão (LAO02).	160
Tabela 5.47 - Pontos de amostragem de descarga líquida e respectivos valores.	167
Tabela 5.48 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Caravelas – Nova Viçosa/BA.	177
Tabela 5.49 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Caravelas – Caravelas/BA.	178
Tabela 5.50 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Mucuri- Mucuri/BA.	179

Tabela 5.51 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Itaúnas- Conceição da Barra/ES.	180
Tabela 5.52 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Itaúnas- Conceição da Barra/ES.	181
Tabela 5.53 - Dados de Monitoramento dos estuários Cricaré- Conceição da Barra/ES.	182
Tabela 5.54 - Dados de Monitoramento dos estuários Cricaré- Conceição da Barra/ES.	183
Tabela 5.55 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Barra Nova- São Mateus/ES.	184
Tabela 5.56 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Barra Nova- São Mateus/ES.	185
Tabela 5.57 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Ipiranga- Linhares/ES.	186
Tabela 5.58 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Ipiranga- Linhares/ES.	187
Tabela 5.59 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Doce- Linhares/ES.	188
Tabela 5.60 - Dados de Monitoramento dos estuários Piraquê Açu- Aracruz/ES.	189
Tabela 5.61 - Dados de Monitoramento dos estuários Piraquê Açu- Aracruz/ES.	190
Tabela 5.62 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Riacho- Aracruz/ES.	191
Tabela 5.63 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Riacho- Aracruz/ES.	192
Tabela 5.64 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Reis Magos- Fundão/ES.	193
Tabela 5.65 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Reis Magos- Fundão/ES.	194
Tabela 5.66 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	200
Tabela 5.67 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	201
Tabela 5.68 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	202
Tabela 5.69 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	203
Tabela 5.70 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Linhares/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	204
Tabela 5.71 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Linhares/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	205
Tabela 5.72 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Serra/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce..	206
Tabela 5.73 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Serra/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	207
Tabela 5.74 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.	208
Tabela 5.75 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.	209

Tabela 5.76- Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.	210
Tabela 5.77 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.	211
Tabela 5.78 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.	212
Tabela 5.79 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.	213
Tabela 5.80 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Mucuri/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.	214
Tabela 5.81 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Mucuri/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.	215
Tabela 5.82 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Nova Viçosa/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.	216
Tabela 5.83 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Nova Viçosa/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.	217
Tabela 5.84 – Classificação granulométrica de sedimentos	221
Tabela 5.85 - Níveis de classificação do material dragado	222
Tabela 5.86 - Valores orientadores para carbono orgânico total (COT) e nutrientes*	223
Tabela 5.87 - Resultados químicos para o rio Gualaxo do Norte	224
Tabela 5.88 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Carmo	224
Tabela 5.89 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Piranga.	225
Tabela 5.90- Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce.....	225
Tabela 5.91 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Matipó.....	227
Tabela 5.92 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Piracicaba	227
Tabela 5.93 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Santo Antônio.....	228
Tabela 5.94 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce.....	228
Tabela 5.95 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce.....	230
Tabela 5.96 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Suaçuí	231
Tabela 5.197 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Caratinga.....	231
Tabela 5.99 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce.....	233
Tabela 5.100 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce.....	234
Tabela 5.101 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Guandu	234
Tabela 5.102 - Resultados de qualidade de sedimentos para lagoa do Limão	236
* Valores de Aleta Tabela 5.90	236
Tabela 5.103 - Resultados da qualidade de sedimentos para lagoa Nova	237

Tabela 5.104 - Resultados químicos de sedimentos para lagoa Juparanã	238
Tabela 5.105 - Resultados químicos de qualidade de sedimentos das lagoas Areão e Areal	239
Tabela 5.106 - Resultados químicos de qualidade de sedimentos da lagoa Monsarás.....	240
Tabela 5.107 – Resultados das análises químicas realizadas no MPS de cada ponto de coleta	268
Tabela 5.108 - Valores da medição da Descarga sólida	272
Tabela 5.109 - Dados de Monitoramento de sedimentos do estuário Rio Caravelas – Nova Viçosa/BA (ERC 01).....	274
Tabela 5.110 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Caravelas – Caravelas/BA (ERC 02)	274
Tabela 5.111 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Mucuri- Mucuri/BA (ERU 01)...	275
Tabela 5.112 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Itaúnas- Conceição da Barra/ES (ECR 01 e 02 e EIT 01 e 02)	276
Tabela 5.113 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Barra Nova- São Mateus/ES (EBN 01 e 02)	277
Tabela 5.114 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Ipiranga- Linhares/ES. (ERD 01, ERI 01 e ERI 02)	278
Tabela 5.115 - Dados de Monitoramento dos estuários Piraquê Açu- Aracruz/ES (EPA 01 e 02 e ERR 01 e 02)	279
Tabela 5.116 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Reis Magos- Fundão/ES (ERM 01 e 02)	280
Tabela 5.118 – Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Linhares/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.	283
Tabela 5.119 Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Serra/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce	284
Tabela 5.120 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.	286
Tabela 5.121 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce	287
Tabela 5.122 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce	288
Tabela 5.123 – - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Mucuri/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.	289
Tabela 5.124 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Nova Viçosa/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.	290
Tabela 5.125 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Caravelas/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.	291
Tabela 5.126 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Zona Costeira – Agosto/17.	314

Tabela 5.127 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Zona Costeira – Setembro/17.....	315
Tabela 5.128 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Zona Costeira – Outubro/17.....	315
Tabela 5.129 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Estuários – Agosto/17	319
Tabela 5.130 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) -Estuário – Setembro/17.....	320
Tabela 5.131 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Estuário – Outubro/17.....	321
Tabela 5.133: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas nos pontos de coletas do Trecho 2 durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017	333
Tabela 5.134: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas nos pontos de coletas do Trecho 3 durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	340
Tabela 5.135: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas nos pontos de coletas do Trecho 4 durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017	347
Tabela 5.136: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	353
Tabela 5.137: Resultados da PERMANOVA para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$	361
Tabela 5.138: Resultados da PERMANOVA de zoobentos para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$...392	392
Gráfico 5.139: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	396
Tabela 5.139 :Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.....	402
Tabela 5.140: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada no Zona Costeira Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	408
Tabela 5.141: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada no Zona Costeira Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	414
Tabela 5.142: Resultados da MRPP para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$	421

Tabela 5.143: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	423
Tabela 5.144: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	429
Tabela 5.145: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada na Zona Costeira Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	435
Tabela 5.146: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada na Zona Costeira Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.	441
Tabela 5.147: Resultados da MRPP para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$	448
Tabela 5.148: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> realizados em Agosto de 2017 por trechos.	449
Tabela 5.150: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 2. (NC: não calculável).	452
Tabela 5.151: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com <i>Ceriodaphnia dubia</i> e <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 3. (NC: não calculável).	452
Tabela 5.156: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com <i>Ceriodaphnia dubia</i> realizados em Outubro de 2017 por trechos.	459
Tabela 5.158: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com <i>Ceriodaphnia dubia</i> realizados em Outubro de 2017 para o Trecho 2.	462
Tabela 5.160: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com <i>Ceriodaphnia dubia</i> realizados em Outubro de 2017 para o Trecho 4.	463

1. Introdução

A Hidrogeo Engenharia e Gestão de Projetos (HIDROGEO) foi contratada pela Fundação Renova para avaliação dos dados de monitoramento do Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de Água e Sedimentos da Bacia do rio Doce, zona costeira e estuarina.

A gestão do programa de monitoramento considera toda a caracterização das águas superficiais e sedimentos de rios, lagoas, estuários e zona costeira que compõe o programa de monitoramento ambiental e inclui uma interpretação dos resultados dos parâmetros físico-químicos e biológicos de interesse ambiental.

O trabalho aqui apresentado se faz necessário devido a importância de se obter dados consistentes e representativos do atual cenário e a necessidade de avaliação de possíveis interferências do rompimento da Barragem de Fundão na qualidade das águas e das áreas de influência.

O presente relatório trimestral apresenta, discute e avalia os dados obtidos nas três primeiras campanhas de monitoramento do PMQQS realizadas em agosto, setembro e outubro de 2017. Os dados de águas foram comparados com resultados obtidos ao longo de uma série histórica de monitoramento do IGAM e IEMA (Pré e Pós Rompimento). A análise dos resultados desses primeiros meses de monitoramento foi realizada de forma mais objetiva. No decorrer dos demais meses de monitoramento, serão realizados levantamentos estatísticos, bem como análises espaciais e temporais mais aprimoradas.

1.1 Contextualização

Em 5 de novembro de 2015 a barragem de Fundão, uma barragem de rejeito da mineradora Samarco (barragem de Fundão), rompeu, provocando a liberação de cerca de 43,7 milhões de metros cúbicos de rejeito. Uma parte (4,5 milhões de metros cúbicos) ficou retida dentro da própria área da mineradora. O restante, 39,2 milhões de metros cúbicos, desceu pelo córrego Santarém e seguiu pelos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce até o mar. No trajeto da onda de lama, metade, ou cerca de 20 milhões de metros cúbicos, se espalhou por calhas, margens e planícies dos cursos d'água até a usina hidrelétrica Risoleta Neves, distante 113 km de Fundão. Calcula-se que 10,5 milhões de metros cúbicos tenham se depositado no fundo do

reservatório da usina. A outra metade, que passou pelas comportas percorreu e impactou cerca de 550 km até alcançar o mar, misturada à água do rio Doce. A compreensão da dimensão desses volumes e da natureza do material que ficou retido na UHE e do restante que avançou mais a jusante é o primeiro passo para se compreender melhor as dimensões do evento do rompimento da barragem de Fundão.

Em decorrência do rompimento da barragem de Fundão, em março de 2016 foi assinado um Termo de Transição e Ajustamento de Conduta - TTAC entre os Governos Federal e dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo e a Samarco com suas acionistas VALE S.A. e BHP Billiton Brasil Ltda. Considerando a dimensão do evento, a extensão temporal e física das ações reparatórias e compensatórias previstas, o volume de recursos que serão necessários, o referido TTAC contemplou a criação de uma Fundação de direito privado, sem fins lucrativos, que foi instituída pela Samarco e suas acionistas, com o objetivo de elaborar e executar todas as medidas nele indicadas, assim foi criada a Fundação Renova. Foram estabelecidas ações reparatórias e compensatórias divididas em 42 Programas Socioambientais e Socioeconômicos. Dentre as ações previstas nos Programas Socioambientais, na cláusula 177 do TTAC, é contemplado o Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático (PMQQS) de água e sedimentos, na bacia do rio Doce, zona costeira e estuarina.

O PMQQS foi desenvolvido com base em um conteúdo mínimo definido pela Câmara Técnica de Segurança Hídrica e Qualidade da Água (CT-SHQA), coordenada pela Agência Nacional de Águas (ANA), com a participação de outros órgãos ambientais, como Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) e a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH). O PMQQS foi então elaborado pela Fundação Renova e aprovado pelo Comitê Interfederativo (CIF) na Deliberação nº 53, de 31 de março de 2017. O PMQQS pode ser consultado na íntegra, no link: http://www.fundacaorenova.org/wp-content/uploads/2017/07/pmqqqs_rev_dez-17.pdf.

O PMQQS foi implementado a partir de 31 de julho de 2017, conforme estabelecido no TTAC, e terá duração prevista de 10 anos, tempo previsto no TTAC para a execução das ações compensatórias e de recuperação ambiental da bacia do rio Doce, de forma a assegurar o acompanhamento das intervenções e suas consequências na qualidade de água, bem como

acompanhar as alterações promovidas na bacia, decorrentes das medidas reparatórias e compensatórias, na qualidade das águas do rio Doce.

2. Resumo das Ações de Recuperação da Bacia do Rio Doce

Neste capítulo são apresentadas as ações de recuperação da bacia do Rio Doce já implementadas, e/ou em implementação, pela Samarco e posteriormente pela Fundação Renova, após a sua criação. Estas ações aqui apresentadas fazem parte do escopo dos Programas Socioambientais em desenvolvimento pela Fundação Renova, que possuem alguma relação direta ou indireta com a qualidade das águas dos recursos hídricos afetados pelo rompimento da barragem. O conhecimento e acompanhamento destas ações facilitará o entendimento de possíveis alterações positivas ou negativas na qualidade da água destes recursos hídricos afetados.

2.1 Ações de contenção em Fundão

O Programa 24 (*Implantação de Sistemas de Contenção dos Rejeitos e de Tratamento nos locais de impacto nos Rios*) da Fundação Renova é responsável pela implantação de sistemas de contenção dos rejeitos e de tratamento *in situ* dos rios impactados, visando, principalmente, a redução gradativa da turbidez dos rios para níveis máximos de 100 NTU na estação seca, no prazo máximo de três anos.

A contenção e a recuperação da infraestrutura de rejeitos existentes foram as atividades mais importantes conduzidas nos primeiros meses após o evento ocorrido na barragem de Fundão, por assegurarem a estabilidade destas estruturas através da execução de obras de recuperação e minimização da erosão. Ainda no mês de novembro de 2015 foram iniciadas, em caráter emergencial, as obras estruturais de contenção de fluxo e/ou material. A primeira medida foi revisar a segurança do reservatório de Germano. Sendo assim, foram realizadas ações de reforço em três diques em Germano: Sela, Selinha e Tulipa. Os diques emergenciais S1 e S2 foram construídos, logo abaixo de Fundão, pouco antes do reservatório de Santarém.

Anteriormente, Santarém era uma barragem aonde ocorria a recirculação e clarificação da água utilizada no processo de mineração, de maneira que pudesse ser lançada já tratada no córrego Santarém. A onda de lama tomou conta de seu reservatório e suas estruturas precisaram ser reforçadas e ampliadas, inclusive, para conter possíveis deslizamentos do que restou em Fundão. Após a reforma, ganhou o nome de Nova Santarém. O novo reservatório cobriu os diques S1 e S2.

Abaixo de Nova Santarém, foram construídos os diques S3 e S4. O dique S3 foi construído em fevereiro de 2016, no córrego Santarém, a montante da localidade de Bento Rodrigues, com o objetivo de minimizar o carreamento de sedimentos da área das barragens para o meio ambiente e melhorar a qualidade da água que verte para o rio Gualaxo do Norte. O dique S4 foi implantado próximo à confluência do córrego Santarém e o rio Gualaxo do Norte, a jusante de Bento Rodrigues, com objetivo principal de evitar o carreamento dos sedimentos depositados na planície de Bento Rodrigues para o rio Gualaxo do Norte.

As obras de contenção estão sendo completadas com a construção de um barramento com a finalidade de isolar definitivamente o que restou de Fundão, chamado de Eixo 1, cujos prazos dos projetos e obras estão previstos para serem finalizadas em 2019. Depois, toda a área correspondente à antiga barragem passará por um processo de desativação e recuperação ambiental.

2.2 Ações de contenção de margens e planícies de inundação

O Programa 25 (*Revegetação, Enrocamento e Outros*) é responsável por revegetar, inicialmente, 800 hectares e, em seguida, recuperar 2 mil hectares na área ambiental 1 (áreas abrangidas pela deposição de rejeitos nas calhas e margens dos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Doce), nos municípios mineiros de Mariana, Barra Longa, Rio Doce e Santa Cruz do Escalvado a fim de evitar a erosão do rejeito para a calha dos rios.

Logo após o rompimento da barragem, foi implantada uma cobertura vegetal de rápido crescimento sobre os rejeitos de minério depositados às margens dos cursos de água. Para a semeadura, foi selecionado um mix de espécies gramíneas e leguminosas herbáceas e arbustivas. As ações de plantios emergenciais ocorreram até 21 de julho de 2016, tendo sido revegetado um total de 808,49 hectares. Após essa etapa, iniciaram-se os serviços de manutenção da revegetação, que visa garantir eventuais falhas ocorridas durante o processo.

Paralelamente, começou a regularização de calhas e margens dos rios principais e de 101 afluentes. Outras técnicas da chamada bioengenharia foram agregadas ao esforço de evitar a movimentação do rejeito, tais como retentores de sedimentos, biomantas, feixes de bambu, enfileiramento de pedras estão entre os recursos utilizados de acordo com as características de cada local.

Nas chamadas planícies de inundação, que é a área da vizinhança da margem até o ponto mais distante alcançado pelo rio nas cheias, foram refeitos os caminhos de drenagem e a vegetação vem sendo restabelecida. Essa é uma etapa preparatória para a recomposição da mata ciliar — que protege a integridade dos rios como os cílios protegem os olhos — com o plantio de espécies de árvores nativas.

As atividades regularização de calhas e margens dos rios principais e de 101 afluentes foram finalizadas em 29 de dezembro de 2017. A partir de agora somente estão sendo realizadas atividades de manutenção destas obras que foram executadas.

Para a recuperação dos 2mil hectares foi contratada empresas especializadas para execução de restauro florestal com previsão de início ainda no primeiro trimestre de 2018. Neste momento estão sendo ocorrendo visitas aos potenciais viveiros para fornecimento de mudas.

2.3 Ações em Candonga

Na Fundação, o Programa 09 (*Recuperação do Reservatório da UHE Risoleta Neves*) tem o objetivo de restabelecer as condições de operação da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves.

Em razão do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, um grande volume de sedimentos, que anteriormente eram retidos naquela barragem, foi deslocado e depositado no reservatório da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, mais conhecida como Candonga, entre os municípios de Santa Cruz do Escalvado/MG e Rio Doce/MG. Seu reservatório conteve o volume da porção mais pesada do rejeito, cerca de um quarto do material que vazou de Fundão, o que ajudou a reduzir consideravelmente a velocidade com que a lama em movimento seguiu pelo rio Doce. As operações da hidrelétrica tiveram de ser paralisadas.

A volta ao funcionamento da usina depende da retirada do rejeito em todo o trecho a 400 metros da barragem da hidroelétrica, essa etapa é conhecida como a Fase I do Programa. A dragagem teve início em fevereiro de 2016 neste trecho crítico a 400 metros da barragem. Houve também a construção de três barreiras metálicas dentro do reservatório que ajudaram a conter o grande volume de lama de rejeito. Para acomodar todo o material a ser removido do reservatório de Candonga, a Fazenda Floresta foi adquirida para a montagem de um sistema de tratamento e deposição da lama. Ao fim do procedimento, a propriedade será reflorestada. A Fase I está prevista para finalizar em junho de 2018.

A Fase II do Programa é relativa às atividades de manutenção do reservatório, visando garantir uma solução de longo prazo, para que ocorra a continuidade operacional da UHE. Serão considerados vários cenários de vida útil da usina, incluindo alternativas de manejo (cenários futuros). Concomitante aos estudos de avaliação do volume de rejeito, será realizada a caracterização ambiental da área com estudos de avaliação química e física do rejeito, avaliação de dados de monitoramentos, entre outros. A Fase II está contemplada no Programa de Manejo de Rejeitos (Trecho 12 do Plano de Manejo de Rejeitos). O detalhamento das ações a serem contempladas nesta Fase II, correspondente ao Trecho 12, será entregue em maio de 2018.

2.4 Ações de recuperação de Nascentes e APPs

A Fundação Renova irá, em caráter compensatório, recuperar 40.000 ha de APPs – Áreas de Preservação Permanente e 5.000 nascentes na bacia do rio Doce. As APPs são áreas previstas em lei com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo genético da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Tais ações estão contempladas no Programa 26 (Recuperação de Áreas de Preservação Permanente -APP) e no Programa 27 (Recuperação de Nascentes).

Serão 5.000 nascentes recuperadas, sendo 500 por ano. No primeiro ano, foram entregues 511 nascentes protegidas por meio de cercamento para início e/ou continuação do processo de regeneração natural. Tais nascentes se localizam ao longo das bacias nos rios Pancas, Santa Maria do Doce e Suaçuí Grande. As atividades de plantio dessas primeiras 511 nascentes cercadas já foram encerradas.

Estão sendo iniciadas as atividades de recuperação das próximas 500 nascentes do segundo ano do programa. Estas nascentes estão localizadas nos municípios de Coimbra/MG, Galiléia/MG, Periquito/MG, distrito de São Vitor em Governado Valadares/MG, Colatina/ES, Marilândia/ES e Pancas/ES.

2.5 Ações do plano de manejo de rejeitos

O Programa 23 (Manejo de Rejeitos) é responsável pelos estudos ambientais e realização do manejo dos rejeitos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. Dentre as ações do programa, foram definidas diretrizes para elaboração de um plano de manejo de

rejeitos. A neutralização de impactos sobre a qualidade da água deve acontecer com a execução do referido Plano, que tem como objetivo principal apresentar diretrizes, conceitos, metodologias, técnicas, critérios e indicadores para tomada de decisão quanto ao manejo dos rejeitos para elaboração e execução de projetos aplicáveis a cada fração territorial nas áreas afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão.

O Plano de Manejo de Rejeitos propõe, a partir desses estudos e levantamentos trecho a trecho, soluções técnicas para lidar com o rejeito que se espalhou por margens, planícies e calhas de cerca de 670 km de cursos d'água do município de Mariana até Linhares, no litoral do Espírito Santo. A conclusão da revisão 01 do Plano de Manejo de Rejeitos foi entregue na Câmara Técnica de Gestão de Rejeitos e Segurança Ambiental em agosto de 2017.

O Plano divide a extensão impactada em 17 trechos. Cada um deles será avaliado de acordo com indicadores, critérios e diretrizes para definir o melhor conjunto de soluções e que acarrete o menor impacto possível ao meio ambiente e às comunidades locais.

No documento protocolado pela Fundação Renova, foram apresentadas as informações acerca das áreas piloto. Para o estado de Minas Gerais, foi definido o Trecho 8, localizado no rio Gualaxo do Norte, no município de Mariana. Para o estado do Espírito Santo, como trecho piloto, foram consideradas as lagoas Areal, Monsarás, Pandolfi, Nova e Juparanã, que corresponde às lagoas do Trecho 16. Estas áreas piloto tem a finalidade de propor através de vários estudos, a solução técnica mais indicada para a recuperação ambiental.

Para o Trecho 8, já foram apresentadas propostas de enriquecimento de vegetação e de renaturalização (disposição de troncos na calha, que aumentam ou diminuem a velocidade da água, para reproduzir características naturais do ambiente aquático) cujos projetos iniciaram em novembro de 2017. As ações de manejo que propõem a remoção de rejeitos na calha e implantação do sistema de tratamento ainda requerem aprofundamento dos estudos antes de serem aprovadas pelos órgãos ambientais.

Para as lagoas do Trecho 16, estão sendo realizadas as caracterizações ambientais, modelagem hidrológica e de contaminantes para embasar o processo de tomada de decisão quanto às melhores soluções de manejo de rejeito, considerando o menor impacto socioambiental. Estes estudos estão previstos para serem entregues em abril de 2018.

3. Metodologia de Trabalho

Serão apresentados, inicialmente, os procedimentos de análise dos dados de qualidade de água e de biota aquática adotados no presente relatório. Em seguida serão apresentadas as informações referentes ao programa de monitoramento, apresentando a localização dos pontos de amostragem e respectivas frequências de coleta. As metodologias de coleta e análises para os parâmetros avaliados estão detalhadas no Anexo III.

3.1 Procedimento de Análise dos Dados

3.1.1 Dados de Água

Para fins de atendimento aos padrões ambientais legais, os resultados analíticos foram comparados aos limites estabelecidos nas seguintes resoluções e deliberações:

- Resolução CONAMA 357/2005: Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.
- Deliberação Normativa Conjunta COPAM/ CERH-MG 01/2008- Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

Os resultados das campanhas de monitoramento realizadas entre agosto e outubro de 2017 estão apresentados em forma de tabela contemplando os parâmetros não conformes e outros de maior interesse ambiental, comparando com os valores médios, máximos e mínimos históricos dos pontos de monitoramento coincidentes do Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). As estações coincidentes do histórico do monitoramento levantadas para estas análises com os pontos do PMQQS, estão contempladas em tabela apresentada no Anexo II.

Para o trecho localizado em Minas Gerais, os dados de monitoramento “Pré Rompimento” contemplam campanhas de monitoramento do IGAM do Programa Águas de Minas disponíveis no portal InfoHidro de setembro/1997 até outubro/2015 e os dados “Pós Rompimento” contemplam o período de janeiro/2016 até dezembro/2016 do monitoramento do

Programa Águas de Minas e também o período de novembro/2015 a agosto/2017 do Monitoramento Especial do Rio Doce, que foi implementado em caráter especial após o rompimento da barragem de Fundão.

Para o trecho localizado no Espírito Santo, foram utilizados os dados de monitoramento realizado pelo IEMA do período “Pré Rompimento”, que contempla dados de 2004 até 2014. Para o período “Pós rompimento”, foram considerados os dados de monitoramento do rio Doce realizado pelo IEMA, de novembro de 2015 até julho de 2016. Para as lagoas, foram avaliados os dados de monitoramento das lagoas impactadas realizado pela Samarco, para atendimento ao Auto de Intimação do IEMA nº 12345/2015, contemplando dados de novembro/2015 até agosto/2017, uma vez que os dados do IEMA foram pouco representativos para as lagoas, considerando o período de monitoramento de fevereiro/16 a julho/16.

Os resultados de qualidade de água foram utilizados para se obter a classificação das amostras em termos de índice de qualidade ambiental (IQA) e índice de contaminação por tóxicos (CT), utilizando a metodologia da CETESB (2008) e IGAM (2012), descritos em detalhe no Anexo III.

São monitorados também a vazão dos principais rios e afluentes. Estes dados foram apresentados em apresentados em mapa para facilitar a visualização dos mesmos. De posse dos resultados de vazão dos rios e das concentrações dos principais parâmetros, foi realizada também uma análise do transporte e carga de poluentes que foram apresentados em gráficos de evolução.

3.1.2 Dados de Sedimentos e Material Particulado em Suspensão

Para fins de atendimento aos padrões ambientais legais, os resultados da caracterização química e granulométrica dos sedimentos foram comparados aos limites estabelecidos na seguinte resolução:

- Resolução CONAMA 454/2012: Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

O material particulado em suspensão também foi quantificado e caracterizado em relação a sua granulometria e composição química. Devido ao comportamento diferenciado do material particulado em suspensão ser diferente do sedimento de fundo, a comparação com a CONAMA 454/2012 não é aplicável à esta análise. Foram medidos também a descarga sólida de suspensão e de fundo com o objetivo de avaliar o transporte sedimentos ao longo do rio Doce.

3.1.3 Dados de Biota Aquática

Os resultados de fitoplâncton e zoobentos foram organizados em planilhas eletrônicas levando em consideração as espécies encontradas, conforme o ponto de coleta e o trecho da bacia hidrográfica investigada. Também foram elaborados tabelas e gráficos para o entendimento da composição e estrutura das comunidades desses organismos, para cada trecho da bacia investigado.

Como parte da análise de dados foi determinada também, a diversidade por riqueza (número absoluto de espécies ou *taxa* e densidade (organismo por mililitro)), por unidade amostral e por trecho. A partir destes dados foi elaborado um texto que elucida os resultados obtidos.

Para os zoobentos foram calculados além da riqueza e abundância (densidade de organismos por m²), os índices de diversidade de Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1963), de equitatividade (Lloyd & Ghelardi, 1964), de dominância (Simpson, 1949), e de riqueza (Odum, 1983); e, as métricas BMWP-CETEC e IBM, apenas para os ambientes de água doce. Maiores detalhes da metodologia, estão descritos no Anexo III deste documento. Resultados de fitoplâncton e zoobentos foram organizados em planilhas eletrônicas levando em consideração as espécies encontradas, conforme o ponto de coleta e o trecho.

A ecotoxicidade foi avaliada através da coleta de água seguindo as normas da ABNT NBR 13.373, NBR 12.648, NBR 12.713, NBR 15.088 e de sedimento ABNT NBR 13.373. As amostras foram coletadas nos 4 trechos da bacia do rio Doce consideradas para esse trabalho. Os resultados foram analisados e apresentados dentro do seu respectivo subitem do capítulo de resultados.

3.2 Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Águas e Sedimentos

A rede de monitoramento do PMQQS foi definida em pontos estratégicos para o acompanhamento da evolução da qualidade das águas, a identificação de tendências e o apoio à elaboração de diagnósticos, além de permitir a identificação de locais onde é necessário maior detalhamento dos dados de monitoramento. Além disso, estão incluídos, também, pontos em que se realizará o monitoramento de vigilância, para avaliação da qualidade das águas captadas no rio Doce, que são utilizadas para consumo humano.

Ao todo o programa contempla 92 pontos de monitoramento entre rios, lagoas, estuários e zona costeira. Nas seções a seguir são apresentados os pontos e maps de localização dos pontos. Também é apresentada a frequência de amostragem para as diferentes matrizes. No Anexo II, são apresentadas as tabelas com a descrição detalhada dos pontos de amostragem de água e sedimento para a bacia do rio Doce nos rios e lagoas (Tabela 1) e descrição dos pontos de amostragem de água e sedimento dos estuários e zona costeira (Tabela 2).

No Anexo III, são descritos todos os procedimentos de coleta e análise para os parâmetros monitorados. Pontos de Amostragem Manual- Rios e Lagos

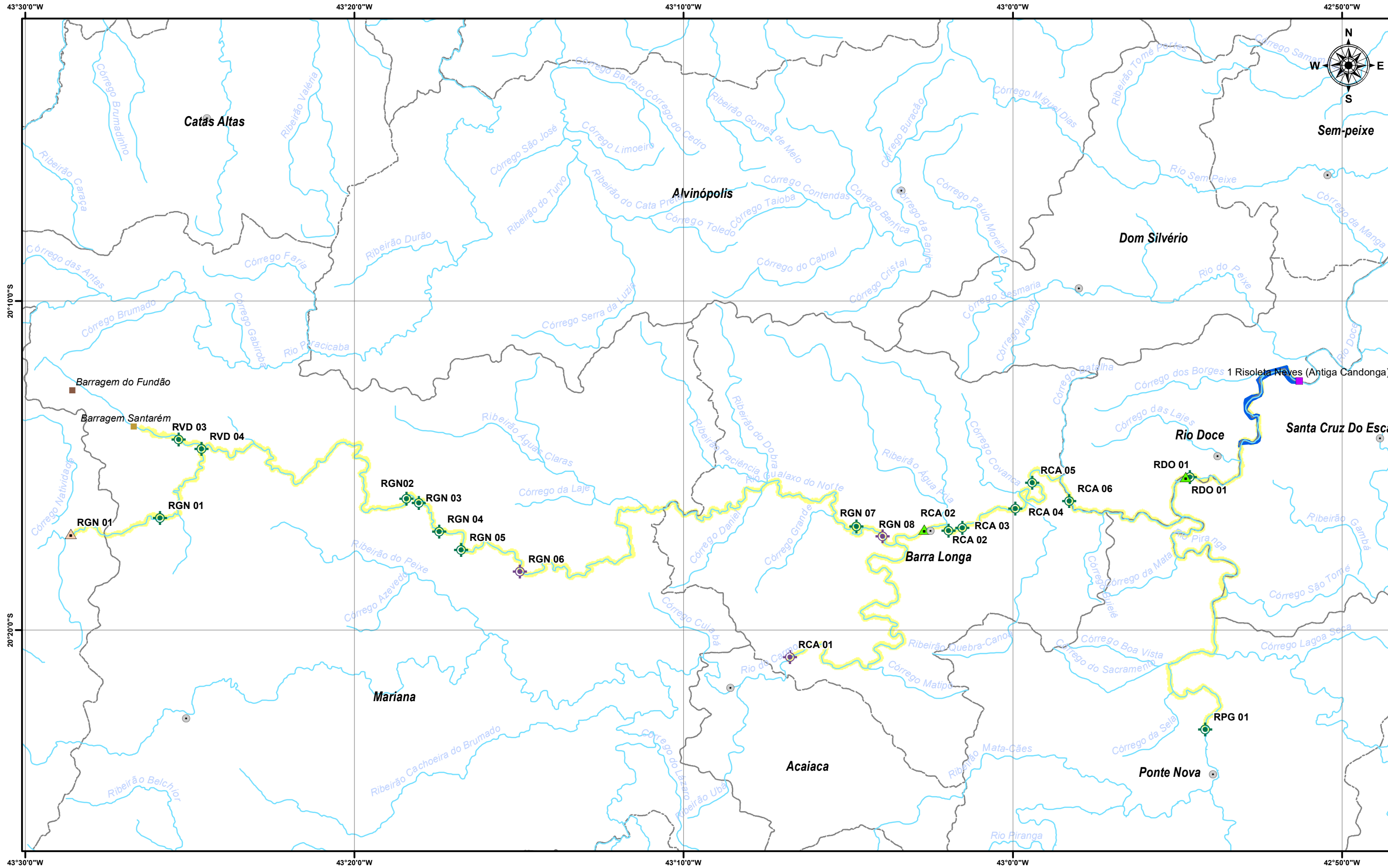
3.2.1.1 Trecho 01 – Mina Samarco até a UHE Risoleta Neves

O primeiro trecho compreende a dezoito pontos de amostragem, sendo quinze pontos em trechos impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, quais sejam: dois pontos localizados no córrego Santarém em vertedouros de barramentos; sete pontos localizados no rio Gualaxo do Norte; cinco pontos localizados no rio do Carmo; e um ponto localizado no rio Doce, logo após sua formação. Outros três pontos localizados em áreas não afetadas pelos rejeitos encontram-se localizados nos rios Gualaxo do Norte, Carmo e Piranga. Os pontos de amostragem nessas drenagens consistem em:

- Dois pontos no córrego Santarém:
 - Um ponto no vertedouro do dique S3 (RVD 03). Este ponto foi sugerido pela Fundação e corresponde ao ponto RDC-124 do monitoramento emergencial da Samarco/Fundação;

- Um ponto no vertedouro do dique S4 (RVD 04). Este ponto foi sugerido pela Fundação e corresponde ao ponto RDC-130 do monitoramento emergencial da Samarco/Fundação
- Oito pontos no rio Gualaxo do Norte:
 - Um ponto em trecho não afetado pelo rompimento da barragem, a montante da confluência com o córrego Santarém (RGN 01);
 - Cinco pontos sugeridos pela CT de Restauração Florestal (RGN 02, RGN 03, RGN 04, RGN 05 e RGN 07);
 - Um ponto próximo a ponte do rio Paracatu (RGN 06);
 - Um ponto a montante da confluência do rio Galaxo do Norte com o rio do Carmo, em uma ponte entre Gesteira e Barra Longa (RGN 08).
- Seis pontos no rio do Carmo:
 - Um ponto em trecho não afetado pelo rompimento, em ponte férrea sobre o rio do Carmo em Acaiaca (RCA 01);
 - Um ponto próximo à cidade de Barra Longa, após a confluência com o Rio Gualaxo do Norte (RCA 02);
 - Quatro pontos sugeridos pela CT de Restauração Florestal (RCA 03, RCA 04, RCA 05 e RCA 06).
- Um ponto no rio Piranga, em trecho não afetado pelo rompimento, a jusante de Ponte Nova (RPG 01);
- Um ponto no rio Doce, a montante da cidade de Rio Doce e UHE Risoleta Neves (RDO 01).

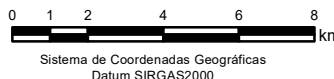
A **Figura 3.1** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 01, entre a mina da Samarco até a UHE Risoleta Neves.



CONVENÇÕES/LEGENDA

- Sede Municipal
- Estação Automática Tipo I
- Estação Automática Tipo II
- Ponto de Amostragem Manual
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo I
- Barragem Santarém
- Barragem do Fundão
- UHE em operação
- Cruso d'água
- Limite Municipal
- Massa d'água
- Trecho Entre Mina até a EHE Riisoleta Neves

Encarte de Localização





Projeto: **PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO (PMQQS) DA BACIA DO RIO DOCE**

Título: **Figura 3.1: Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem Manual e Estações Automáticas do PMQQS, localizados da Mina até a EHE Riisoleta Neves- Rios e Lagoas**

Execução: João Filho | Data: 17/10/2017 | Escala: 1:200.000 | Revisão: Caroline Zanetti | Aprovação: Flávio Vasconcelos

3.2.1.2 Trecho 02 – UHE Risoleta Neves até UHE Baguari

O segundo trecho possui dez pontos de amostragem, sendo cinco pontos em trechos do rio Doce impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, três pontos no rio Piracicaba e outros dois pontos em trechos não afetados (um ponto no rio Matipó e outro ponto no rio Santo Antônio). Os pontos de amostragem consistem em:

- Cinco pontos no rio Doce:
 - Um ponto a jusante da barragem de Candonga (RDO 02). Este ponto foi sugerido pela Fundação e consiste de uma estação telemétrica com sonda multiparâmetro;
 - Um ponto em local de extração de areia em sem-peixe (RDO 03), em região influenciada por operações de dragagens independentes no leito do rio Doce, não relacionadas à atividades da Fundação Renova;
 - Um ponto em área do parque do Instituto Estadual de Florestas (IEF), na ponte Perdida sobre o rio Doce (RDO 04);
 - Um ponto no local da travessia da balsa em Cachoeira Escura (RDO 05);
 - Um ponto a montante da UHE Baguari no distrito de Pedra Corrida (RDO 06).
- Três pontos no rio Piracicaba:
 - Um ponto dentro da mina da Samarco (RPC 01);
 - Um ponto em ponte da rodovia MG-129 (RPC 02);
 - Um ponto no rio Piracicaba, em Timóteo, a montante da cidade de Coronel Fabriciano (RPC 03).
- Um ponto no rio Matipó, a montante da confluência com o rio Doce, sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade (RMA 01).
- Um ponto no rio Santo Antônio, em areal ao lado da ponte da BR-381 em Naque, a montante da confluência com o rio Doce (RSA 01). A medição de descarga líquida (ponto RSA 01M) será realizada em local coincidente com uma estação fluviométrica da ANA (Naque Velho - código 56825000), já que é inviável realizar essa medição no mesmo local da amostragem.

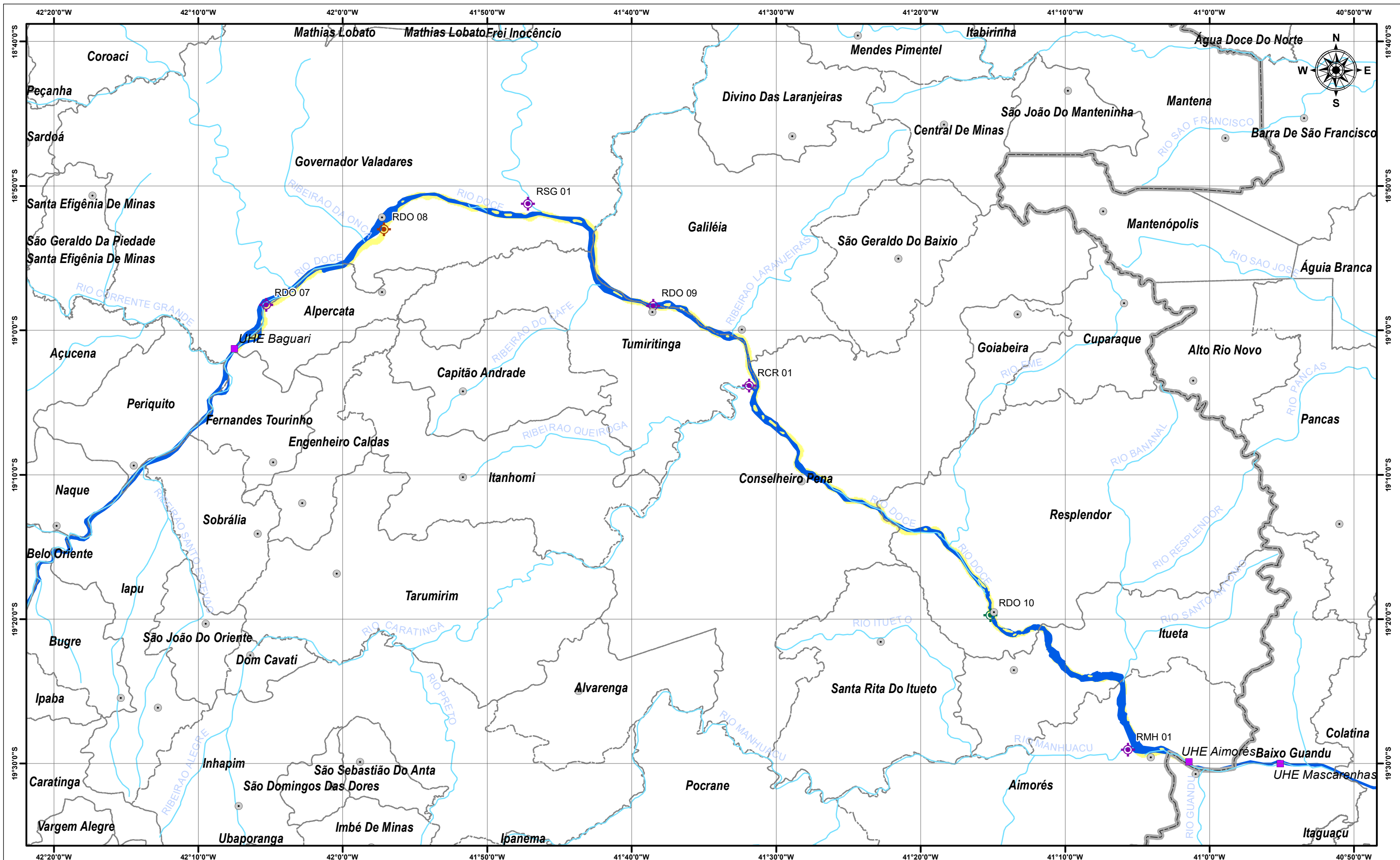
A **Figura 3.2** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 02, da UHE Risoleta Neves até a UHE Baguari.

3.2.1.3 Trecho 03 – UHE Baguari até UHE Aimorés

O terceiro trecho é formado por sete pontos, sendo quatro pontos em trechos do rio Doce impactados pelo rompimento da Barragem de Fundão e três pontos em afluentes em áreas não afetadas. Os pontos de amostragem consistem em:

- Quatro pontos no rio Doce:
 - Um ponto a jusante da UHE Baguari, entre as cidades de Baguari e Governador Valadares (RDO 07);
 - Um ponto próximo à cidade de Governador Valadares, na ponte da rodovia Rio-Bahia (RDO 08);
 - Um ponto próximo à cidade de Tumiritinga, no porto das balsas na margem esquerda do rio (RDO 09);
 - Um ponto próximo à cidade de Resplendor na margem direita do rio Doce (RDO 10).
- Um ponto no rio Suaçuí Grande a montante da ponte da BR-259, em trecho não afetado pelo rompimento (RSG 01);
- Um ponto no rio Caratinga próximo ao ponto de captação da ETA de Barra do Cuieté, sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade (RCR 01);
- Um ponto no rio Manhuaçu, em trecho não afetado pelo rompimento da barragem de Fundão, a montante da cidade de Aimorés (RMH 01).

A **Figura 3.3** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 03, da UHE Baguari até a UHE Aimorés.



CONVENÇÕES/LEGENDA

- Sede Municipal
- Ponto de Amostragem Manual
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo I
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo II
- UHE em operação
- ▬ Limite Estadual
- ▬ Limite Municipal
- Massa d'água
- Trecho Entre a UHE Baguari até a UHE Aimorés

Encarte de Localização



Projeto: **PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO (PMQQS) DA BACIA DO RIO DOCE**



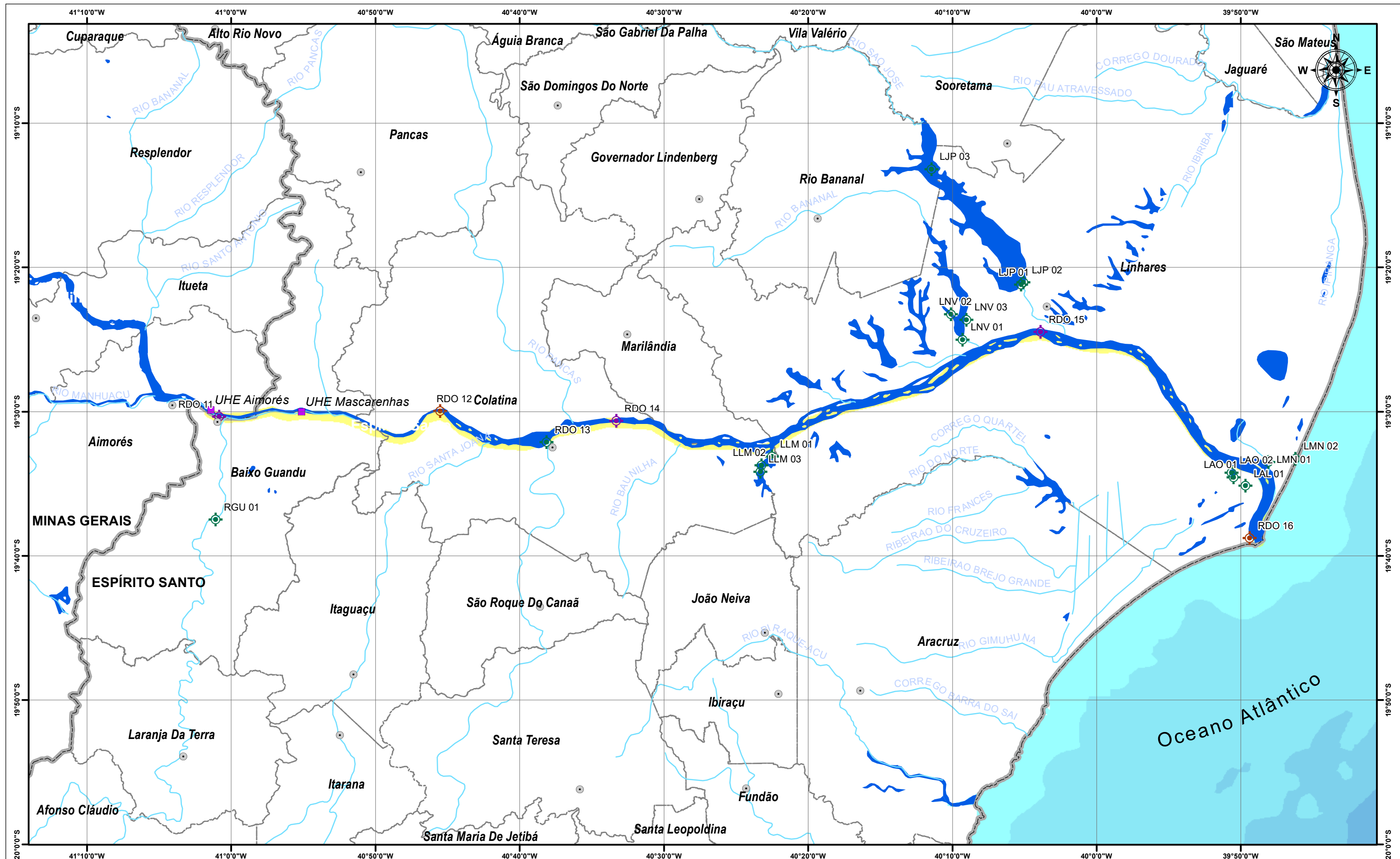
Título: Figura 3.3: Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem Manual e Estações Automáticas do PMQQS, localizados da UHE Baguari até a UHE Aimorés- Rios e Lagoas				
Execução: João Filho	Data: 17/10/2017	Escala: 1:450.000	Revisão: Caroline Zanetti	Aprovação: Flávio Vasconcelos

3.2.1.4 Trecho 04 – UHE Aimorés até a Foz

O quarto trecho é formado por vinte e um pontos, seis no rio Doce, em trechos impactados pelo rompimento da barragem de Fundão, um ponto no rio Guandu e outros quatorze pontos em lagoas localizadas na cidade de Linhares. Os vinte e um pontos de amostragem consistem em:

- Seis pontos no rio Doce:
 - Um ponto no rio Doce próximo à cidade de Baixo Guandu (RDO 11);
 - Um ponto no IFES em Itapina (RDO 12);
 - Um ponto no centro da cidade de Colatina (RDO 13);
 - Um ponto a jusante da cidade de Colatina, ao lado de um areal (RDO 14). Ponto definido pelo IEMA após visita técnica;
 - Um ponto em uma ponte sobre o rio Doce na BR-101 em Linhares (RDO 15);
 - Um ponto no porto em Regência (RDO 16).
- Um ponto no rio Guandu, sugerido pelo CT de Conservação e Biodiversidade (RGU 01);
- Quatorze pontos em lagoas:
 - Três pontos na lagoa do Limão (LLM 01, LLM 02 e LLM 03);
 - Três pontos na lagoa Juparanã (LJP 01, LJP 02 e LJP 03);
 - Três pontos na Lagoa Nova (LNV 01, LNV 02 e LNV 03);
 - Dois pontos na Lagoa Monsarás (LMN 01 e LMN 02);
 - Um ponto na Lagoa do Areal (LAL 01);
 - Dois pontos na Lagoa do Areão - Pandolfi (LAO 01 e LAO 02).

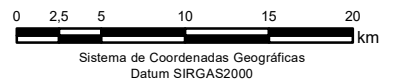
A **Figura 3.4** apresenta os pontos de amostragem situados dentro do Trecho 04, da UHE Aimorés até a foz do rio Doce.



CONVENÇÕES/LEGENDA

- Sede Municipal
- Ponto de Amostragem Manual
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo I
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo II
- UHE em operação
- Limite Estadual
- Limite Municipal
- Massa d'água
- Trecho Entre a UHE Aimorés até a foz do Rio Doce

Encarte de Localização



HidroGeo Engenharia e Gestão de Projetos	Projeto: PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO (PMQQS) DA BACIA DO RIO DOCE	
Título: Figura 3.4: Mapa de Localização dos Pontos de Amostragem Manual e Estações Automáticas do PMQQS, localizados da UHE Aimorés até a foz -Rios e Lagoas		
Execução: João Filho	Data: 17/10/2017	Escala: 1:450.000
Revisão: Caroline Zanetti		Aprovação: Flávio Vasconcelos

3.2.2 Pontos de Amostragem Estações Automáticas

O PMQQS conta também com 22 estações automáticas contemplando monitoramento em tempo real em rios, composto por estrutura fixa no local de medição, onde foram instalados equipamentos para medição de nível d'água bem como sondas de medição contínua, de parâmetros de qualidade da água. As estações também contam com equipamento de medição de parâmetros meteorológicos. As estações iniciaram sua operação entre junho e julho de 2017.

São dois tipos de estações automáticas:

- 13 (treze) estações TIPO I: estação telemétrica de monitoramento de nível do rio (modelo de pressão ou de radar), sensor pluviométrico (modelo do tipo báscula) e temperatura do ar. Em 4 (quatro) estações TIPO I também são equipadas com um turbidímetro Modelo OBS500 da Campbell.
- 9 (nove) estações TIPO II: estação telemétrica com todos os parâmetros da estação TIPO I e contam também com uma sonda multiparamétrica para medição de qualidade de água (Modelo EXO2 da YSI) que monitoram os seguintes parâmetros: Clorofila-A, Cianobactérias, Condutividade, Temperatura, Turbidez, Oxigênio Dissolvido, Oxigênio dissolvido saturado e pH.

Os dados medidos pelas estações são armazenados em equipamentos do tipo datalogger (Campbell/ CS300) e enviados via telemetria para o banco de dados (ver Seção - 4.0).

As tabelas a seguir apresentam um resumo da identificação dos pontos que apresentam estações automáticas Tipo I e II (Tabela 3.1, Tabela 3.2).

Tabela 3.1 - Estações Automáticas-Tipo I com a identificação dos pontos.

ID	Curso d'água	Município
RGN 01*	Rio Gualaxo do Norte	Mariana/MG
RGN 06*	Rio Gualaxo do Norte	Mariana/MG
RCA 01*	Rio do Carmo	Acaiaca/MG
RGN 08*	Rio Gualaxo do Norte	Barra Longa/MG
RMA 01	Rio Matipó	Raul Soares/MG
RDO 07	Rio Doce	Governador Valadares/MG
RSG 01	Rio Suaçuí Grande	Governador Valadares/MG
RDO 09	Rio Doce	Tumiritinga/MG
RCR 01	Rio Caratinga	Conselheiro Pena/MG
RMH 01	Rio Manhuaçu	Aimorés/MG
RDO 11	Rio Doce	Baixo Guandu/ES
RDO 14	Rio Doce	Colatina/ES
RDO 15	Rio Doce	Linhares/ES

*Nestas estações também é medido o parâmetro turbidez.

Tabela 3.2 - Estações Automáticas-Tipo II com a identificação dos pontos.

ID	Curso d'água	Município
RCA 02	Rio do Carmo	Barra Longa/MG
RDO 01	Rio Doce	Rio Doce/MG
RDO 02	Rio Doce	Rio Doce/MG
RDO 03	Rio Doce	São Domingos do Prata/MG
RDO 04	Rio Doce	Bom Jesus do Galho/MG
RDO 05	Rio Doce	Belo Oriente/MG
RDO 08	Rio Doce	Governador Valadares/MG
RDO 12	Rio Doce	Colatina/ES
RDO 16*	Rio Doce	Linhares/ES

*A sonda multiparamétrica da estação RDO16 de Regência, somente foi instalada em 31 de outubro de 2017 e por isso os dados anteriores a essa data não constam neste relatório.

As figuras 3.5 e 3.6 apresentam a imagem de uma sonda multiparamétrica utilizada nas estações automáticas TIPO II e a plataforma da sonda. A Figura 3.7 apresenta a imagem de uma estação automática TIPO II instalada para o PMQQS.



Figura 3.5: Sonda multiparamétrica para medição de qualidade de água nas estações Tipo II (Modelo EXO2 da YSI).



Figura 3.6: Foto da plataforma da sonda multiparâmetro no Rio do Carmo - Estação Automática em Barra Longa RCA02



Figura 3.7: Foto de uma estação automática TIPO II instalada em Barra Longa (RCA02).

Para garantir a confiabilidade dos dados monitorados, as estações automáticas contam com visitas de manutenção preventivas semanais (TIPO II) e bimestrais (TIPO I). Durante estas visitas, a calibração das sondas é verificada por meio da comparação entre os valores reportados pela sonda instalada e aqueles reportados por um sonda previamente calibrada. Caso os valores reportados sejam muito diferentes, ou seja, maior que 5% do valor medido no parâmetro condutividade elétrica ou turbidez pela sonda calibrada, a sonda instalada é substituída pela sonda calibrada.

3.2.2.1 Frequência de amostragem – Rios e Lagoas

O PMQQS contempla dados obtidos pela amostragem manual bem como aqueles obtidos através das estações automáticas para medição de parâmetros em tempo real, com resultados medidos a cada 30 minutos ou a cada hora, a depender da tecnologia de transmissão do dado. A frequência do plano de amostragem é apresentada nas Tabelas 3.3, 3.4 e 3.5.

Cabe ressaltar que, conforme estabelecido no PMQQS, a frequência de amostragem dos parâmetros de qualidade de água podem ser alterados em função de níveis de alerta detectadas nas estações automáticas para os parâmetros condutividade acima de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, turbidez acima de 1050 NTU e oxigênio dissolvido abaixo de 3,5 mg/L. Quando estes níveis foram atingidos em duas estações automáticas consecutivas (RCA02, RDO01, RDO03, RDO04, RDO05, RDO08 e RDO12) por 5 dias consecutivos, a frequência de coleta e análise dos parâmetros

físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton) e bacteriológicos passa de mensal para semanal, mantida até que os níveis destes parâmetros retornem aos valores inferiores aos níveis de alerta.

Tabela 3.3 - Frequência de amostragem manual para qualidade de água e sedimento nos pontos de rios e lagoas

Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros	Frequência de amostragem
Locais de amostragem em rios: RGN01, RGN06, RGN08, RCA01, RCA02, RPG01, RDO01, RDO03, RMA01, RDO04, RPC01, RPC02, RPC03, RDO05, RSA01, RDO06, RDO07, RDO08, RSG01, RDO09, RCR01, RDO10, RMH01, RDO11, RGU01, RDO12, RDO13, RDO14, RDO15 e RDO16. Locais de amostragem em lagoas: LLM01, LLM02, LLM03, LJP01, LJP02, LJP03, LNV01, LNV02, LNV03, LMN01, LMN02, LAL01, LAO01 e LAO02	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton) e bacteriológicos	Mensal
	Sedimento	Ensaio Ecotoxicológicos	Trimestral
		Ensaio Ecotoxicológicos	Trimestral
	Testemunho de sedimento	Parâmetros físico-químicos	Trimestral
Locais de amostragem em rios: RVD03, RVD04, RGN02, RGN03, RGN04, RGN05, RGN07, RCA03, RCA04, RCA05 e RCA06	Água superficial	Parâmetros físico-químicos, hidrobiológicos (fitoplâncton) e bacteriológicos	Mensal
		Ensaio Ecotoxicológicos	Trimestral
Locais de medição em rios: RGN01, RGN02, RGN03, RGN04, RGN05, RGN06, RGN07, RGN08, RCA01, RCA02, RCA03, RCA04, RCA05, RCA06, RPG01, RDO01, RDO03, RMA01, RDO04, RPC02, RPC03, RDO05, RSA01M, RDO07, RSG01, RDO09, RCR01, RMH01, RDO11, RDO12, RDO14 e RDO15	Água superficial	Descarga líquida	Mensal
Locais de amostragem em rios: RGN08, RDO01, RDO03, RDO06, RDO07, RDO09, RDO12 e RDO16	Água superficial	Material particulado em suspensão (descarga sólida, distribuição granulométrica, parâmetros físico-químicos)	Trimestral

Tabela 3.4 – Frequência de amostragem biológica manual

Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros	Frequência de amostragem
Locais de amostragem em rios: RPG01, RDO03, RDO04, RDO05, RSA01, RDO06, RDO07, RSG01, RDO09, RDO10, RMH01, RDO11, RDO12, RDO13, RDO14, RDO15 e RDO16	Sedimento	Biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos	Mensal
Locais de amostragem em rios: RGN01, RDO03 e RDO04	Substrato	Perifíton	Duas coletas no período chuvoso e duas no período seco

Tabela 3.5 - Frequência de amostragem das estações automáticas

Locais de Amostragem	Matriz	Parâmetros	Frequência de amostragem
Locais de amostragem em rios: RGN01, RGN06, RCA01, RGN08, RMA01 RDO07, RSG01, RDO09, RCR01, RMH01, RDO11, RDO14 e RDO 15 (Estações TIPO I)	Água superficial	Nível de água	Horária ou 30min
Locais de amostragem em rios: RCA02, RDO01, RDO02, RDO03, RDO04, RDO05, RDO08, RDO 12 e RDO16 (Estações TIPO II)	Água superficial	Nível de água e parâmetros físico- químicos e hidrobiológicos	Horária ou 30 min

3.2.3 Pontos de Amostragem - Estuários e Zona Costeira

O PMQQS contempla 36 pontos representativos dos grupos estuários e zona costeira:

- **Estuários:** Corresponde aos 18 pontos amostrais localizados em 11 estuários ao longo da costa central e norte dos estados do Espírito Santo e sul da Bahia. Em cada estuário foram definidos dois pontos a serem monitorados, um mais próximo e outro mais afastado da foz, com exceção do rio Doce e dos estuários no sul da Bahia, para os quais definiu-se apenas um ponto representativo da foz;
- **Zona Costeira:** Corresponde aos 18 pontos amostrais localizados ao longo da isóbata de 10 m na plataforma continental a norte e a sul da foz do rio Doce, entre os municípios de Serra, no Espírito Santo, e Caravelas, na Bahia. Esses pontos são coincidentes com o final

dos transectos de monitoramento de praias propostas pela Câmara Técnica de Biodiversidade e Conservação (CTBio), no âmbito do Termo de Referência 4 - Programa de Monitoramento da Biodiversidade Aquática - Anexo 4 (Monitoramento de Potenciais Impactos do Rejeito de Minério de Ferro na Praia e Antepraia Adjacentes da Desembocadura do Rio Doce).

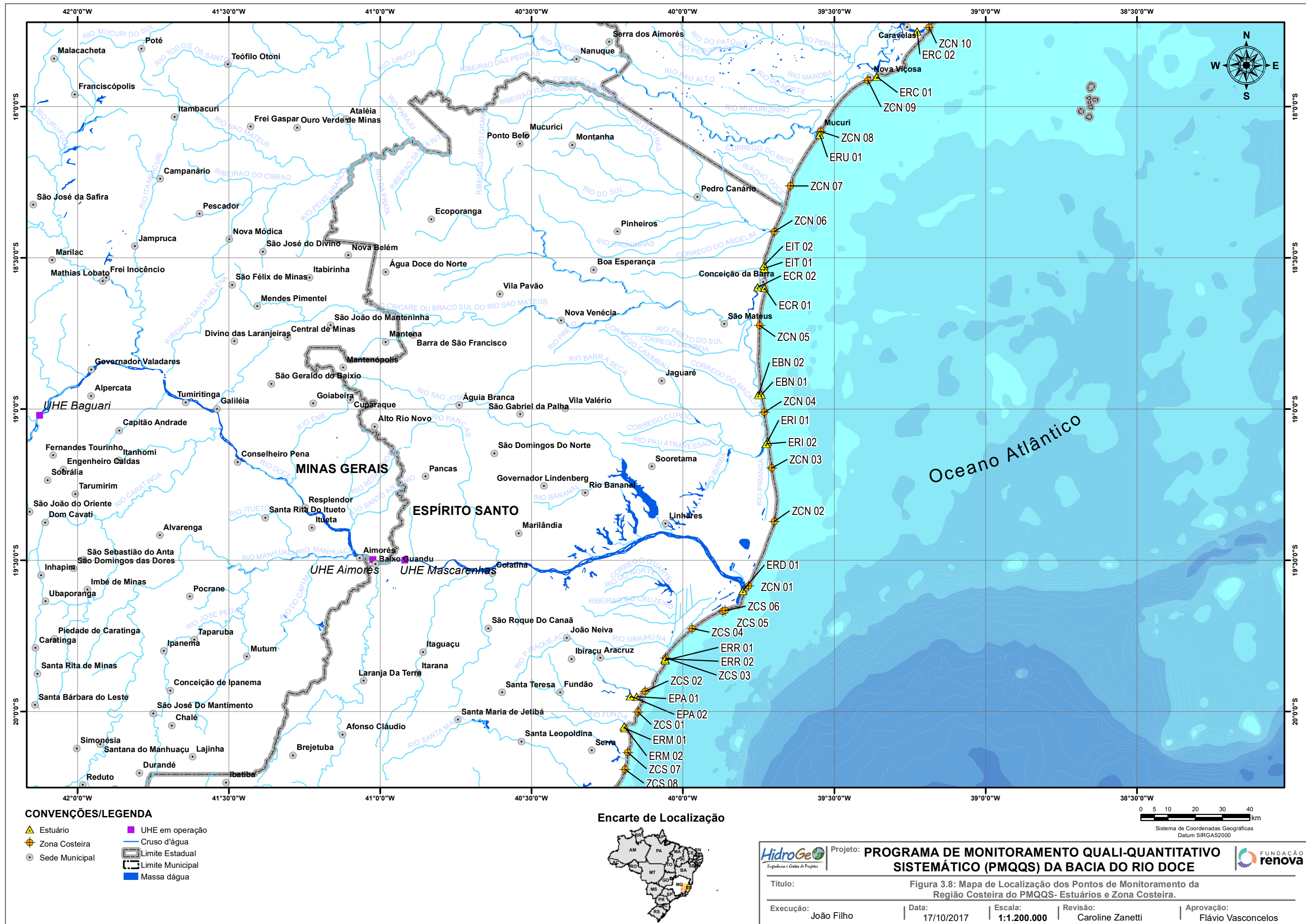
Os pontos dos grupos Zona Costeira e Estuarina são apresentados na Tabela 2 do Anexo II.

Em todos os pontos de monitoramento são coletadas amostras em duas profundidades: Sendo uma em superfície (15 cm abaixo da superfície do mar) e a outra mais no fundo (50 cm acima do leito submarino). Estas profundidades permitem avaliar a influência de sedimentos do rio sobre as camadas superficial e de fundo, que podem ser influenciadas de forma diferente por este fator e pela ressuspensão de sedimentos do fundo, provocada por processos meteocanográficos. Os pontos do grupo Zona Costeira indicam apenas a posição em relação à costa e são deslocados em direção ao mar para coincidirem com a isóbata de 10 m durante as campanhas de campo.

Um mapa geral de todos os pontos de amostragem é apresentado na **Figura 3.8**.

3.2.3.1 Frequência de Amostragem- Estuário e Zona Costeira

As amostragens de água e sedimento dos pontos da zona costeira e estuarina são realizadas com frequência mensal.



4. Banco de Dados

Os dados gerados pelo programa de monitoramento PMQQS são alimentados em um banco de dados conhecido como Monitor Pro 5 (MP5), desenvolvido pela empresa britânica EHS Data. Este sistema é voltado ao gerenciamento de dados de monitoramento ambiental e possui certificação MCERTS (Environment Agency's Monitoring Certification Scheme) da Agência Ambiental do Reino Unido. Esta certificação garante a integridade da informação disponibilizada no banco de dados, uma vez que possui rastreabilidade, não permitindo apagar a informação. No Brasil não existe ainda uma certificação de banco de dados ambientais.

Os dados coletados pelas estações automáticas são transmitidos via rede de telefonia celular 3G ou via satélite, armazenados localmente em dataloggers e enviados para o banco de dados (MP5). Os dados obtidos através das campanhas de amostragens manuais são apresentados pelo do laboratório através de laudos dos resultados em arquivos *pdf* e arquivos de texto (CSV). A Fundação Renova realiza a conferência de controle de qualidade destes laudos e insere as informações no banco de dados (MP5). Todos os laudos laboratoriais originais em *pdf* são anexados ao banco de dados. O laboratório responsável pela coleta também disponibiliza os formulários de cadeia de custódia e as fichas de campo, que são utilizadas para relatar as condições de campo, identificadas no momento da coleta, registro dos resultados das análises de campo, além de rastrear o transporte das amostras até o laboratório.

O banco de dados da Fundação Renova possui compartilhamento com os órgãos integrantes da CT-SHQA (ANA, IGAM, IEMA, IBAMA, ICMBio e AGERH). Neste caso, é possível que estes órgãos consultem o mesmo banco de dados que a fundação utiliza. A HIDROGEO também possui acesso a este banco de dados uma vez que é contratada da Fundação Renova para realizar as análises dos resultados do PMQQS.

5. Análise e Interpretação dos Resultados

Neste primeiro relatório trimestral são apresentados os dados de monitoramento da qualidade de água, sedimentos e biota aquática das campanhas realizadas em agosto, setembro e outubro de 2017, relativo ao primeiro trimestre de monitoramento do PMQQS, cujas coletas de dados foram realizadas nos pontos e parâmetros de frequência mensal nos meses de agosto e setembro bem como mensal e trimestral em outubro. Os resultados são apresentados da seguinte forma:

- Água: qualidade das águas nos rios medidos pelas estações automáticas; qualidade das águas nos rios e lagoas resultados das análises laboratoriais; descarga líquida (vazão); avaliação do transporte de carga de poluentes e qualidade das águas nos estuários e zona costeira resultados das análises laboratoriais;
- Sedimentos: qualidade de sedimentos em rios e lagoas; qualidade de sedimentos e argilominerais em estuários e zona costeira; material particulado em suspensão e descarga sólida em rios;
- Biota Aquática em rios, lagoas, estuários e zona costeira;
- Ecotoxicidade.

5.1 Estações Automáticas

Serão apresentados a seguir, de forma gráfica, os resultados de medição das estações automáticas dos meses de agosto, setembro e outubro de 2017, para os parâmetros que apresentaram relevância ambiental para o estudo ou que apresentaram medições em desacordo com os limites legais como: condutividade elétrica, turbidez e oxigênio dissolvido. Estes parâmetros também são especialmente importantes pois possuem níveis de alerta estabelecidos no PMQQS sendo eles: condutividade valor máximo de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, turbidez valor máximo de 1050 NTU e oxigênio dissolvido valor mínimo de 3,5 mg/L. Também são comparados com os valores médios da série histórica do IGAM e IEMA antes do rompimento da barragem. Cabe ressaltar que para o parâmetro condutividade elétrica, não há valor limite na legislação ambiental. Serão apresentados ainda no gráfico, para fins de comparação e interpretação dos dados, os valores do nível de água e precipitação pluviométria de 24 horas. Os dados apresentados são os dados brutos, sem tratamento. Os pontos em que há ausência de dados, são

aqueles em que houve falha do equipamento, falha de transmissão, intervenção de manutenção/calibração dos equipamentos ou excederam os limites físicos do equipamento.

Condutividade Elétrica

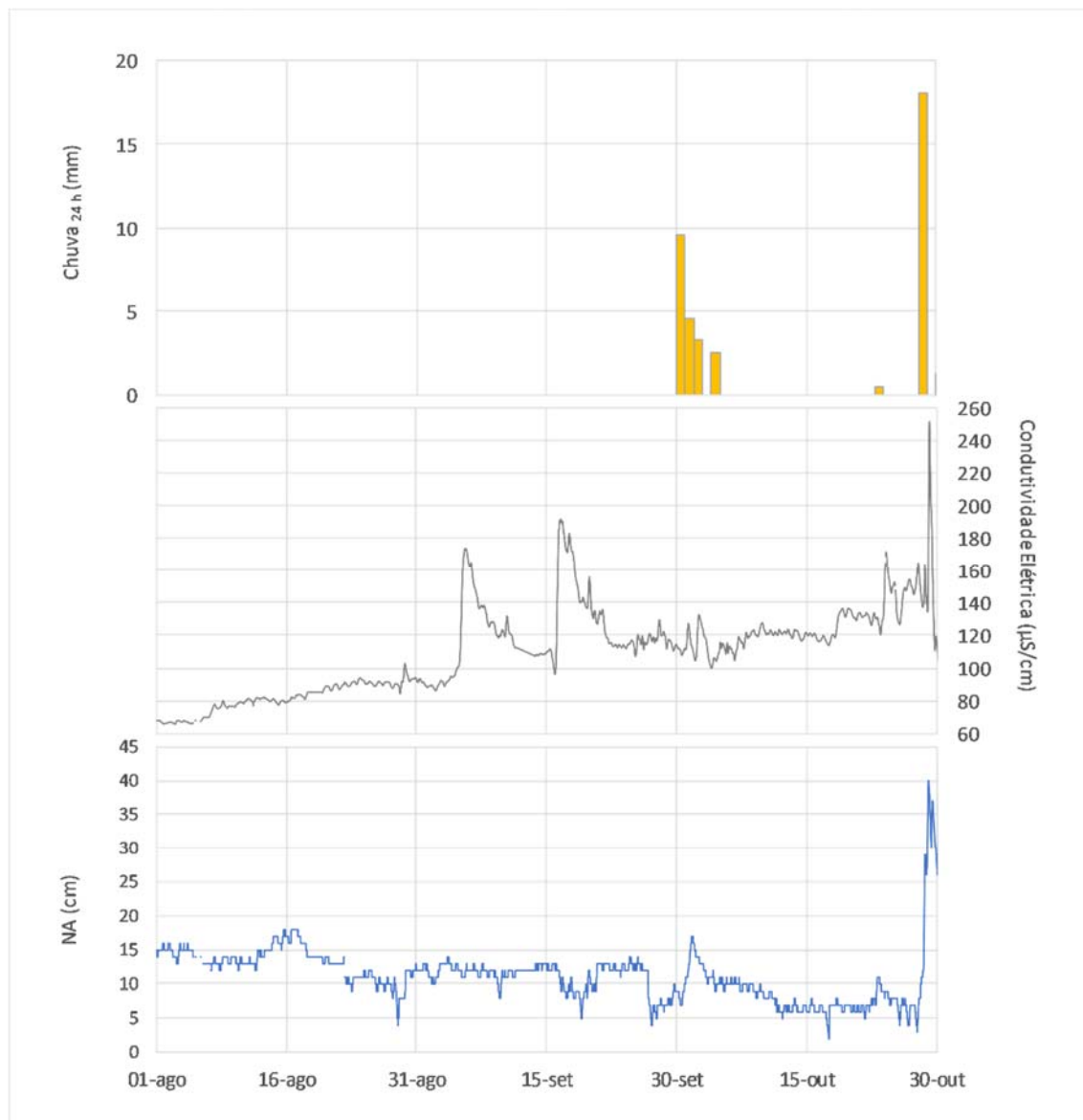
A condutividade elétrica específica é a resistência à passagem de corrente elétrica em meio aquoso, a uma determinada temperatura (ASTM). No sistema internacional de unidades, a unidade de mensuração desse parâmetro é “siemens” por centímetro ou micro siemens por centímetro, dependendo da amostra analisada ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Essa unidade também é correlata com a unidade micro ohms por centímetro, utilizada em outros países ($\mu\text{ohms}/\text{cm}$).

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna de água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Uma água pura possui baixa condutividade específica e, em geral, níveis superiores a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. A condutividade da água aumenta à medida em que mais sólidos dissolvidos são adicionados.

Segundo pesquisadores, a água da chuva pode ter condutividade específica entre 2 a $42 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Feth *et al.*, 1964). Contudo, dependendo da região, se mais ou menos industrializada, a condutividade da água de chuva pode chegar até a $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ (Feth *et al.*, 1964). A condutividade específica em drenagens superficiais pode ter ampla faixa de variação, desde valores baixos como $50 \mu\text{S}/\text{cm}$, até valores elevados como $50.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ em regiões estuarinas (Hem, J. 1985). Essa amplitude de valores, reportada na literatura está coerente com valores obtidos na bacia do Rio Doce.

Os gráficos a seguir, apresentam os valores obtidos para condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nos meses de agosto, setembro e outubro de 2017 para as estações telemétricas Tipo II do PMQQS.

Gráfico 5.1: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio do Carmo (RCA 02) em Barra Longa/MG.

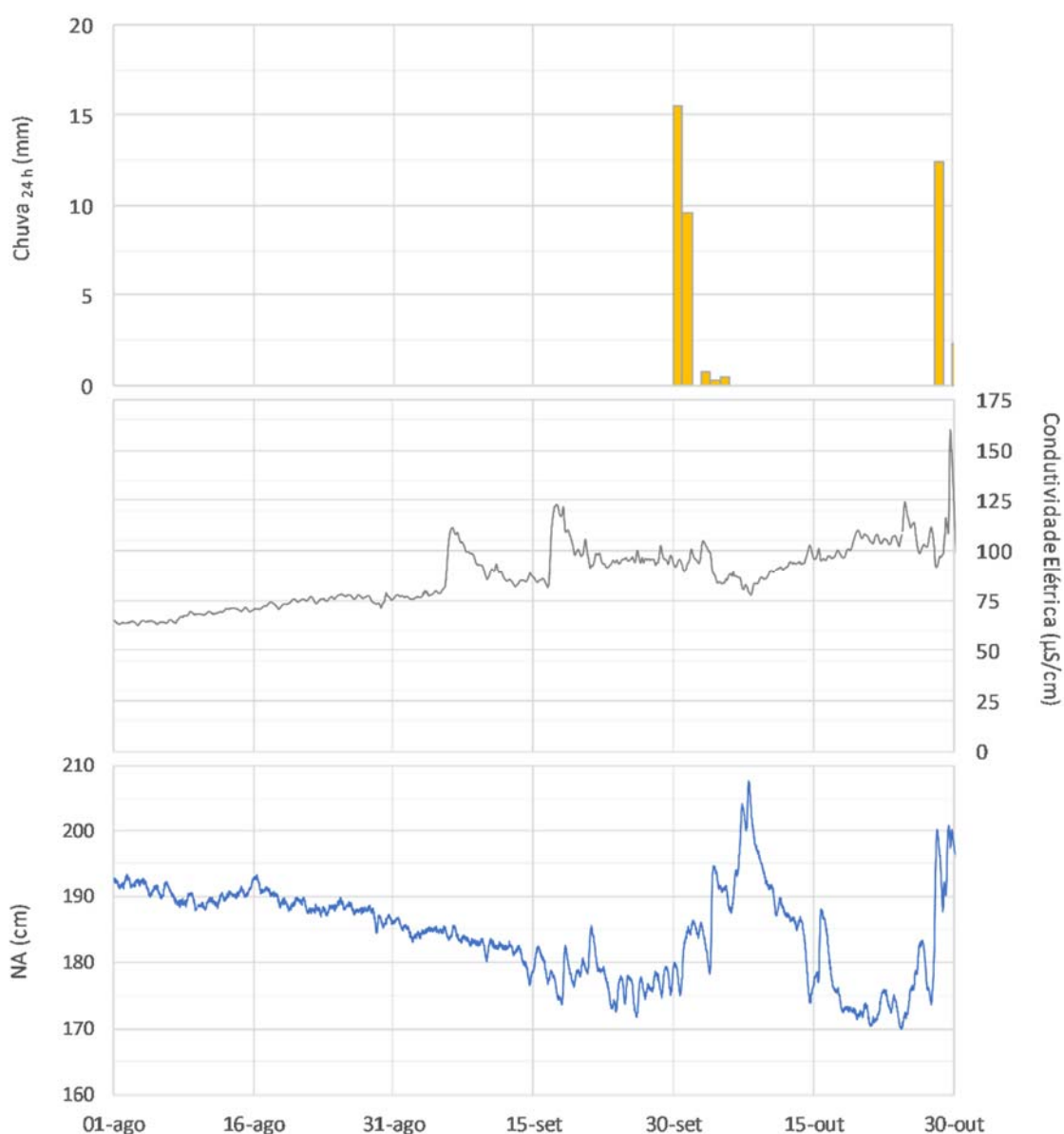


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os valores de condutividade elétrica medidos na estação RCA 02 no mês de agosto refletem uma concentração normal de íons em solução (Gráfico 5.1). No mês de agosto foi observado um aumento contínuo da condutividade elétrica, que partiu de cerca de 65,7 $\mu\text{S/cm}$ até 102,8 $\mu\text{S/cm}$, com valor médio de 82,2 $\mu\text{S/cm}$. No mês de setembro, verifica-se uma elevação nos valores de condutividade elétrica, apresentando um valor médio de 114 $\mu\text{S/cm}$. Já no mês de outubro os valores de condutividade mantiveram mais elevados apresentando valor médio de 126,1 $\mu\text{S/cm}$ chegando a um valor máximo de 251,2 $\mu\text{S/cm}$. Observa-se também ao longo deste três meses uma queda gradativa do nível de água. Essa elevação na condutividade

elétrica em solução está diretamente relacionada ao aumento da taxa de evaporação dos rios, típico de período de estiagem, e consequentemente ao aumento da concentração de íons em solução. Observa-se no final do mês de outubro/17 uma elevação nos valores de condutividade elétrica relacionada com as chuvas intensas ocorridas nesse mesmo período. O nível de alerta de condutividade ($150 \mu\text{S}/\text{cm}$) foi atingido em alguns momentos de setembro e outubro, e retornando abaixo do limite dentro de até três dias.

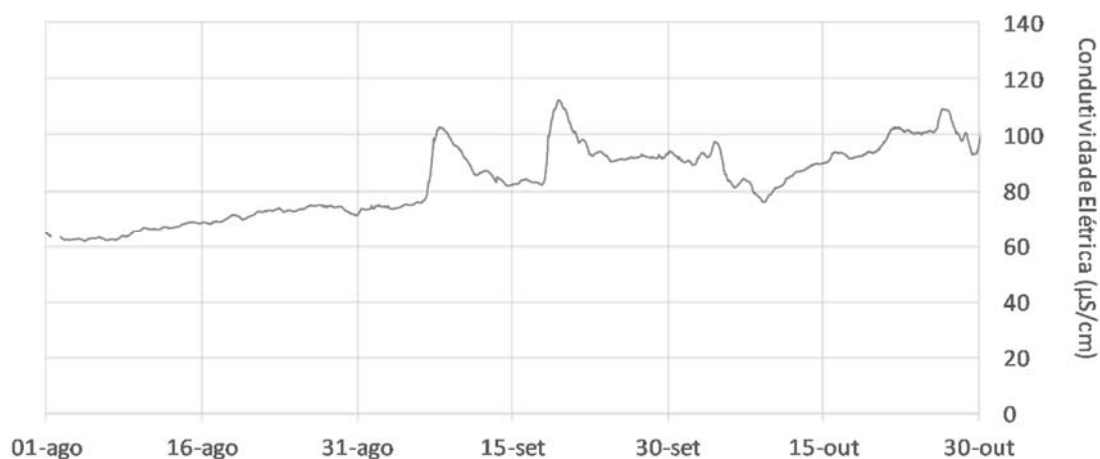
Gráfico 5.2: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 01) no município de Rio Doce/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os valores de condutividade elétrica medidos na estação RDO 01 no período avaliado refletem uma concentração normal de íons em solução em período de estiagem (Gráfico 5.2). Assim como na estação RCA 02, também foi observado um aumento contínuo da condutividade elétrica de agosto até outubro, que partiu um valor médio de 70,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em agosto para 92,84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 97,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nos meses de setembro e outubro, respectivamente. Os valores extremos estão associados a falhas de transmissão e/ou intervenção de manutenção/calibração dos equipamentos. Não houve excedência do nível de alerta de condutividade,”.

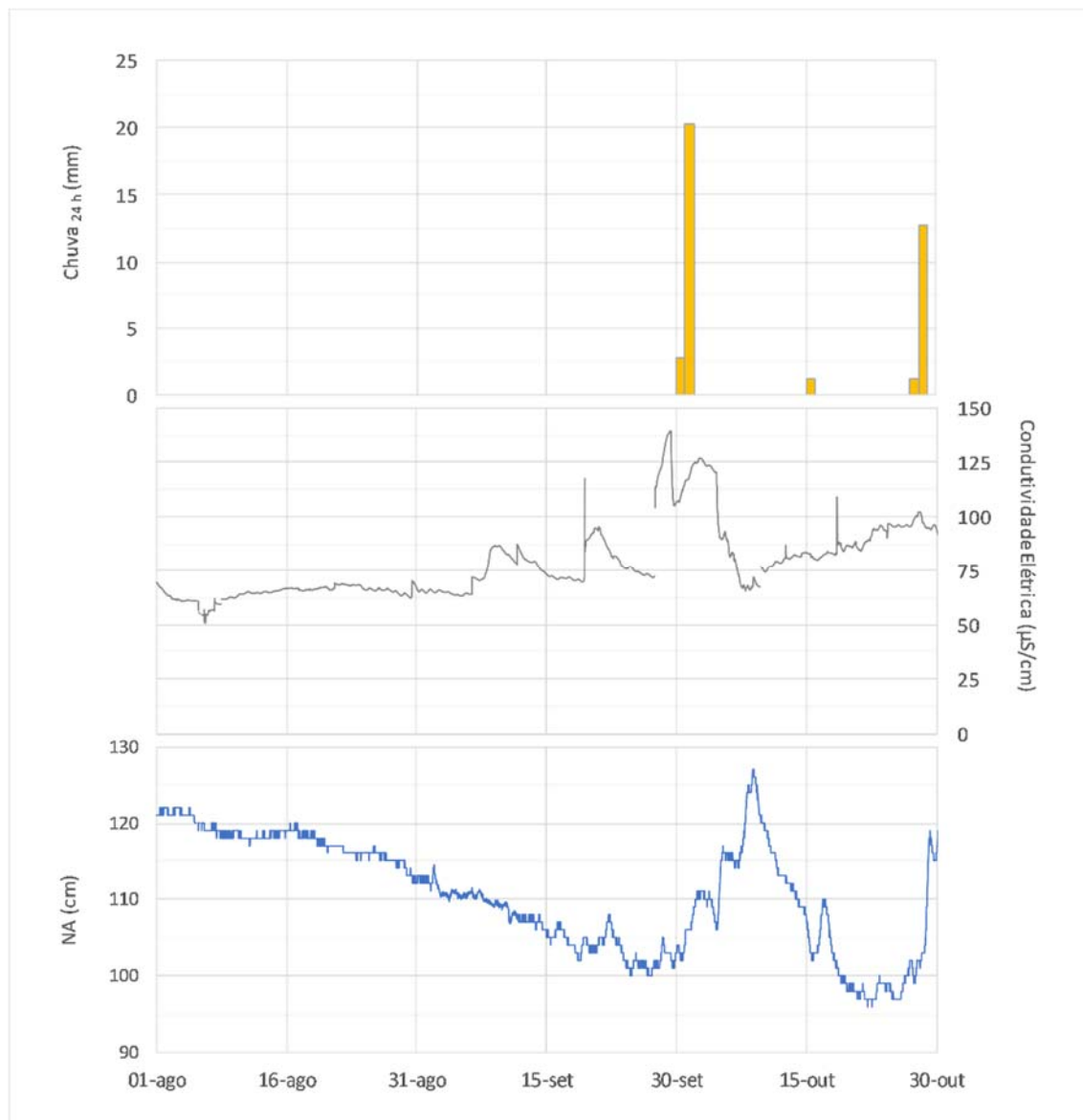
Gráfico 5.3: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 02) no município de Rio Doce/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os valores de condutividade elétrica coletados na estação RDO 02 no mês de agosto, são considerados normais pois refletem uma concentração esperada de íons em solução (Gráfico 5.3). Já nos meses de setembro e outubro, assim como nas estações RCA 02 e RDO 01, na estação RDO 02 foi observado um aumento contínuo da condutividade elétrica, que partiu de um valor médio em agosto foi de 68,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para 93,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em outubro, apresentando valor máximo de 127,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, não apresentando nenhuma excedência do nível de alerta de condutividade. Neste ponto, não há medição de nível d'água e precipitação pluviométrica.

Gráfico 5.4: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 03) no município de São Domingos do Prata/MG.

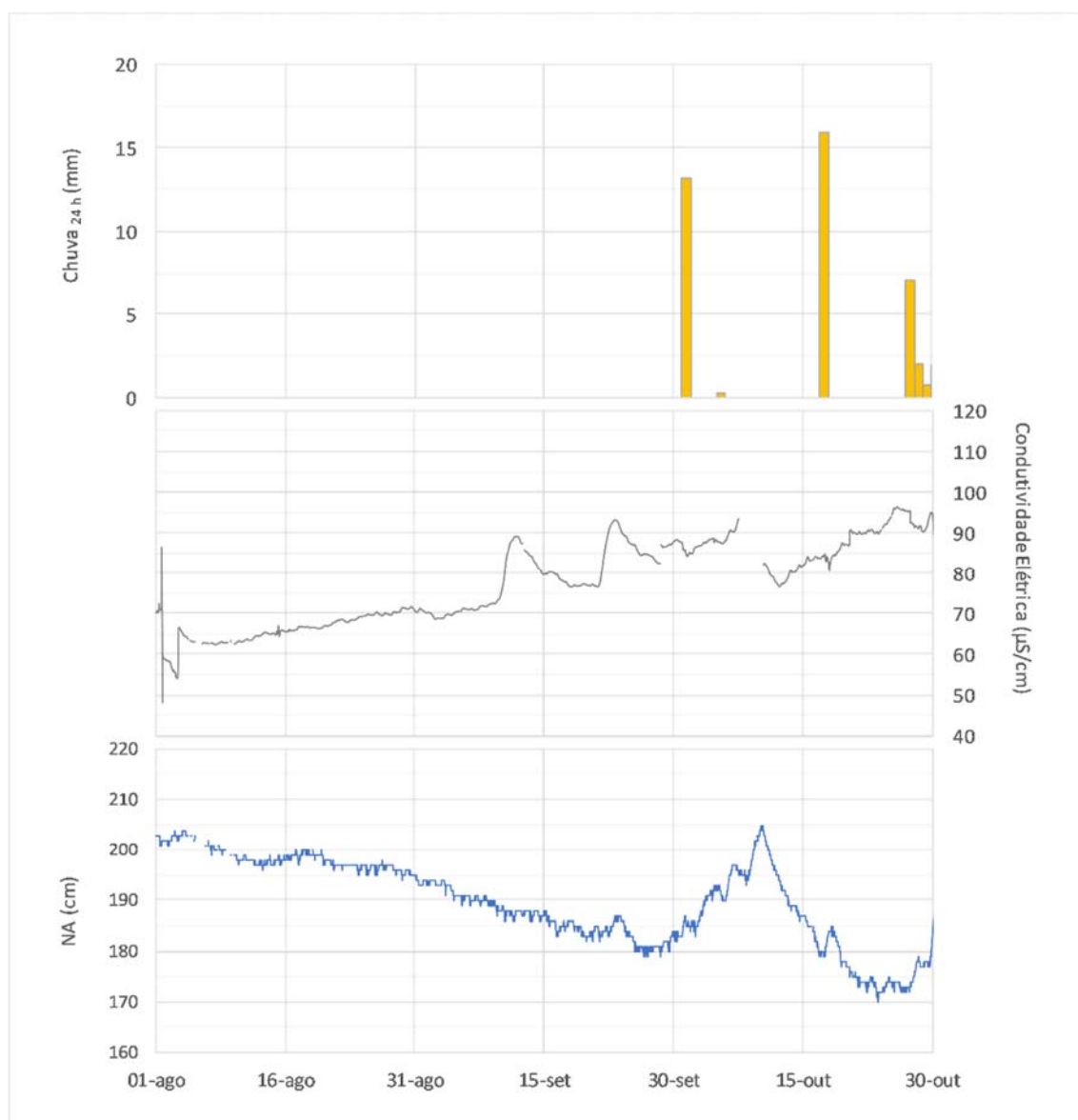


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os valores de condutividade elétrica coletados na estação RDO 03 no mês de agosto refletem uma concentração normal de íons em solução (Hem, J., 1985). A variação dessa condutividade mostrou-se dentro da normalidade visto que a faixa ficou em torno do valor médio de 65,7 µS/cm mesmo com alguns dados fora do padrão geral. Já nos meses de setembro e outubro, observa-se um aumento e oscilação dos valores de condutividade elétrica reportados, apresentando valores médios de 84,7 µS/cm e 90,9 µS/cm, respectivamente, com alguns picos mais elevados (>100 µS/cm) nos últimos dois meses apresentados. No entanto não apresentou nenhuma excedência do nível de alerta de condutividade. Assim como nas estações anteriores

já discutidas, houve aumento gradativo da turbidez e diminuição do nível d'água, apresentando também incrementos do nível d'água observados após chuvas.

Gráfico 5.5: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 04) no município de Bom Jesus do Galho/MG.

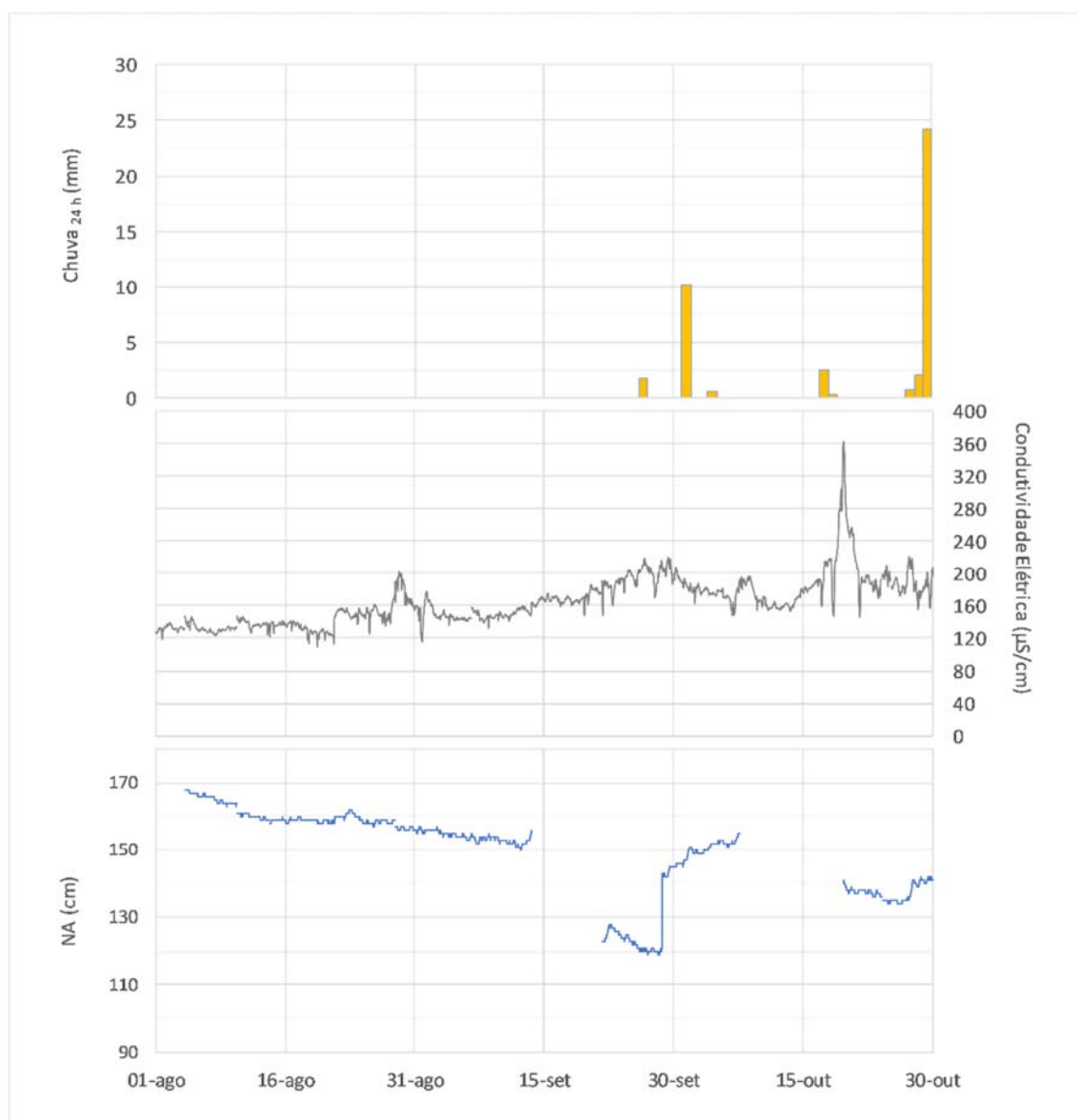


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os valores de condutividade elétrica coletados na estação RDO 04 nos meses de agosto, setembro e outubro são considerados normais e refletem uma concentração também normal de íons em solução. Um aumento gradativo e contínuo da condutividade também foi observado nesta estação, partindo de valor médio de 66,3 µS/cm em agosto, 79,8 µS/cm em setembro e 87,6 µS/cm em outubro, mas ambos dentro da normalidade e aumentando gradativamente com

a diminuição do nível d'água devido a estação de estiagem. Os valores de condutividades sempre se mantiveram abaixo do nível de alerta.

Gráfico 5.6: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 05) no município de Belo Oriente/MG.



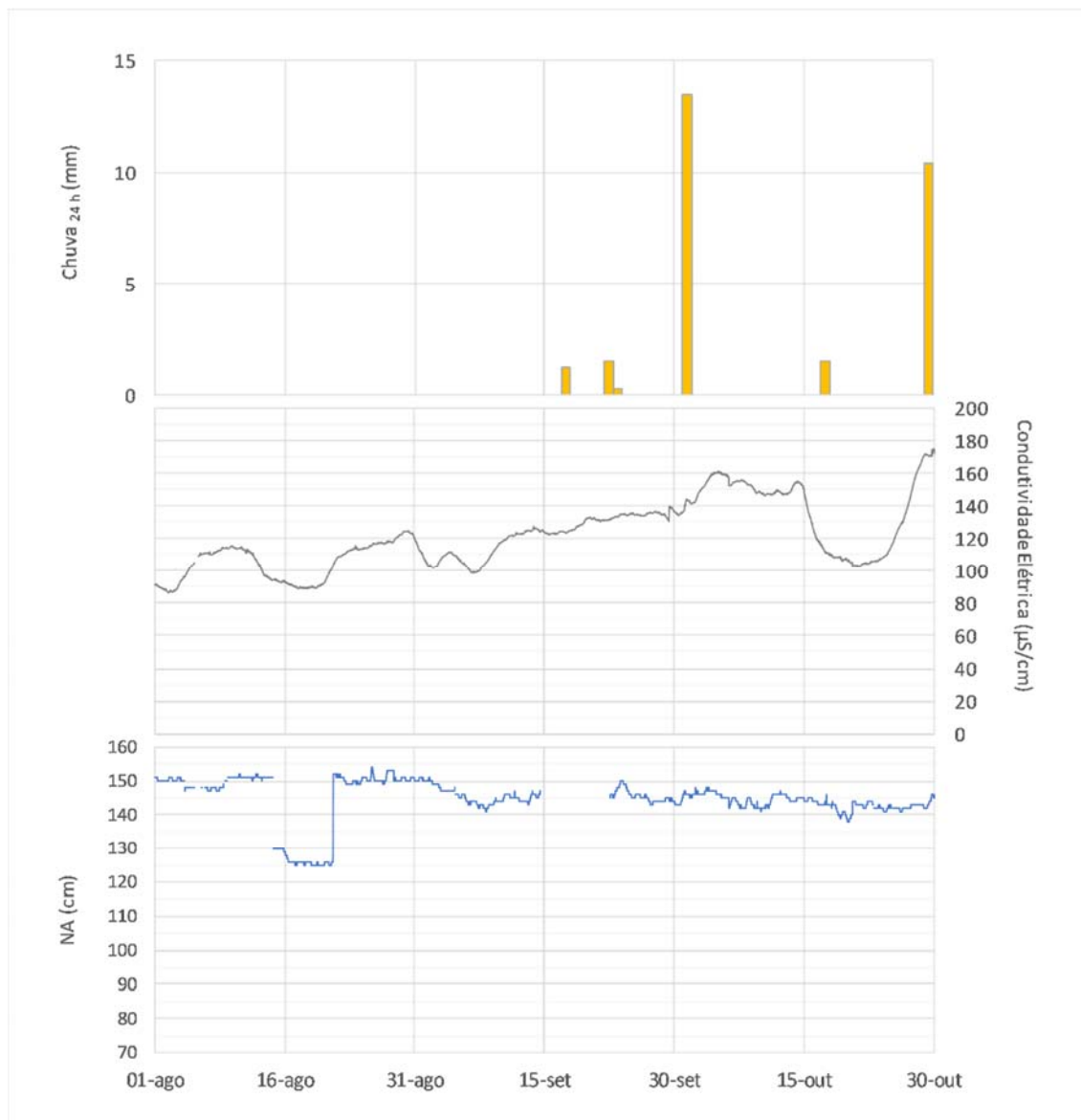
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 05, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de condutividade elétrica coletados apresentaram valores elevados, acima de 150 µS/cm (Gráfico 5.6), se comparados com o restante dos valores registrados nas demais estações, inclusive na estação imediatamente a montante (RDO04). A condutividade em agosto apresentou média de 135,7 µS/cm e um pico de 201,3 µS/cm, setembro a média foi de 168,1 µS/cm e o pico de

220,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e em outubro média de 186,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pico de 362,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Na maioria dos dados do período a condutividade ficou acima do nível de alerta do PMQQS de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nesse trecho monitorado, observa-se que o rio Doce já se encontrava com mais íons em solução do que nos trechos mais à montante em RDO04 (Gráfico 5.5). Se observados os resultados do ponto mais a jusante, RDO08 em Governados Valadares (Gráfico 5.7), é possível observar que a condutividade este na maior parte do tempo abaixo do nível de alerta, com pico máximo de 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Alguns dados de nível d'água entre meados de setembro e outubro foram reportados com dados negativos, identifiados por problemas na sonda, e por isso apresentaram ausência de dados no gráfico.

Em meados de setembro, houve excedência do nível de alerta de condutividade por 5 dias consecutivos. Foi realizada coletas de amostras de água próxima a um lançamento de efluentes de uma indústria presente na região a montante do ponto RDO05 em que foi constatada variação de condutividade de aproximadamente 66% entre jusante e montante do lançamento dos despejos industriais, cujas evidências foram protocoladas na CT-SHQA e CIF. Considerando o exposto, é possível concluir que o aumento da condutividade pode sergo a interferência local contribuindo para a elevação abrupta da condutividade próximo àquele ponto não relacionado com a presença de rejeitos carreados pelo rio ou depositados no mesmo.

Gráfico 5.7: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 08) no município de Governador Valadares/MG.

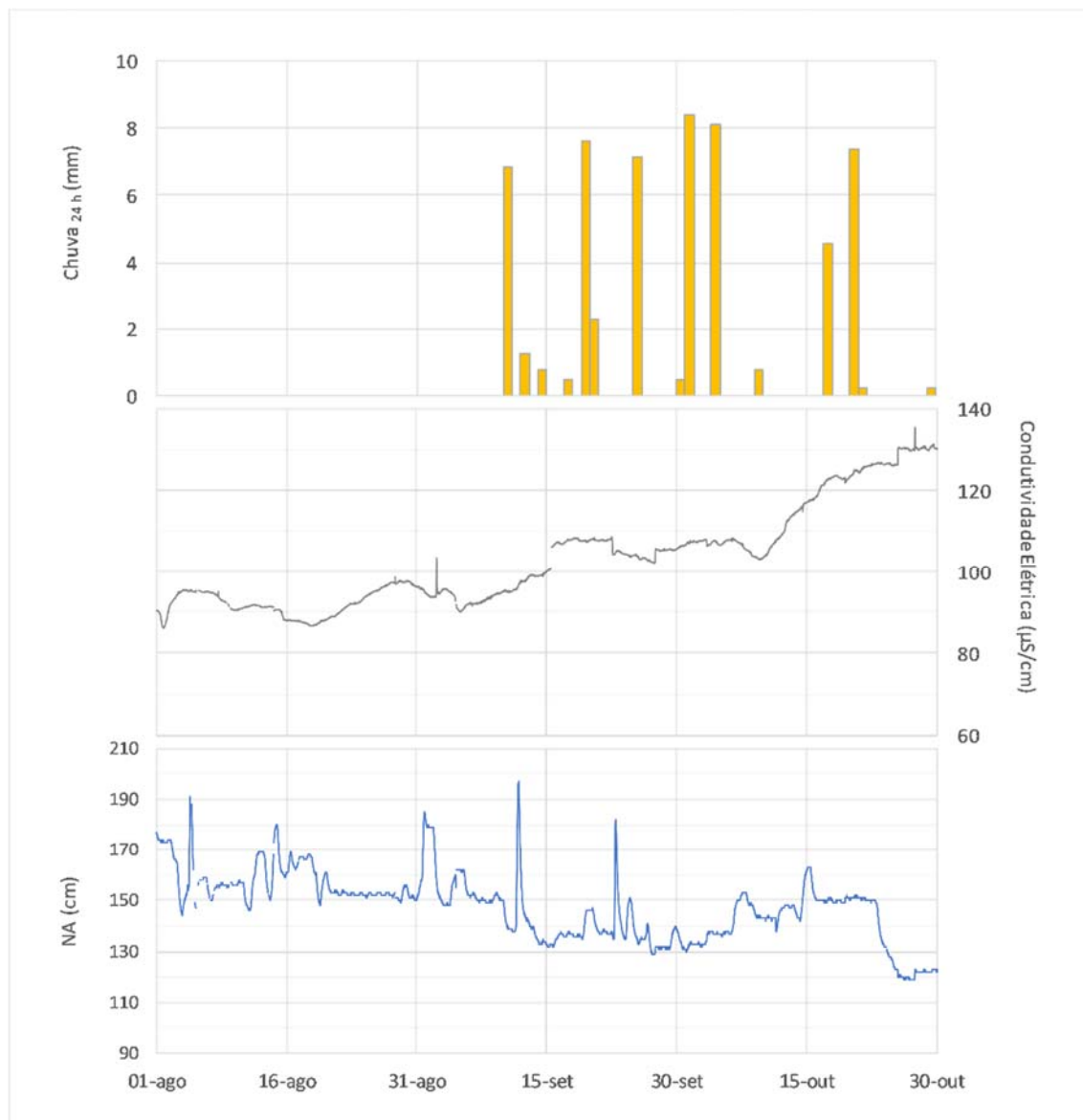


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 08 no mês de agosto, os valores de condutividade elétrica oscilaram entre cerca de 90 $\mu\text{S/cm}$ até 125 $\mu\text{S/cm}$ (Gráfico 5.7) com média de 109,5 $\mu\text{S/cm}$, apresentando valores elevados, porém menores do que os valores observados na RDO05 em Belo Oriente. Aporte de drenagens com menor concentração de íons em solução justificam esses valores mais baixos que o trecho anterior analisado. No mês de setembro observa-se elevação nos valores de condutividade elétrica com valores oscilando de 100 $\mu\text{S/cm}$ até 140,0 $\mu\text{S/cm}$, e um valor médio de 122,4 $\mu\text{S/cm}$. No mês de outubro, os valores aumentaram com uma queda em alguns dias e novamente voltou a subir e apresentou um valor médio de 138,7 $\mu\text{S/cm}$. A variação do nível

d'água foi pequena, mas típica do período de estiagem, que pode ter contribuído para o aumento da condutividade. Os valores extremos estão associados a falhas de transmissão e/ou intervenção de manutenção/calibração dos equipamentos. No início de outubro, houve excedência do nível de alerta de condutividade, por 6 dias que voltou às condições abaixo deste nível. Foi realizada uma coleta de amostra de água, adicionalmente a coleta mensal, para análise dos parâmetros de água neste ponto em que foi constatada a influência de despejos de esgotos sanitários cujas evidências foram protocoladas na CT-SHQA e CIF, Considerando o exposto, é possível concluir que o aumento da condutividade pode ser atribuída a interferência local contribuindo para a elevação abrupta da condutividade próximo àquele ponto não relacionado com a presença de rejeitos carregados pelo rio ou depositados no mesmo.

Gráfico 5.8: Valores de Condutividade Elétrica da Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 12) no município de Colatina/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 12 nos meses de agosto, setembro e outubro, os valores de condutividade elétrica coletados são considerados compatíveis com os dados registrados nas outras estações, mesmo apresentando valores extremos, conforme apresentado (Gráfico 5.8). Estes valores extremos estão relacionados a falha no equipamento ou interferência para manutenção e calibração dos equipamentos. As oscilações da condutividade elétrica, registradas, aconteceram em torno da média 92,1 µS/cm em agosto, 100,5 µS/cm em setembro

e 118,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em outubro. Esses resultados apresentam gradativamente o mesmo padrão de aumento do parâmetro de condutividade elétrica com o avanço da estação de estiagem.

A Tabela 5.1 mostra os valores de condutividade elétrica média reportados pelo IGAM e IEMA, na série histórica antes do rompimento da barragem.. Estes valores são, em geral, inferiores àquele verificados nos pontos coincidentes do PMQQS. As causas dessa diferença são multifatoriais podendo ser atribuídas a metodologia de amostragem uma vez que o resultado do IGAM e IEMA são provenientes de medições pontuais e com frequência reduzida (trimestral ou mensal) e a metodologia das estações automáticas da Fundação Renova conseguem captar variações ao longo do dia em frequência muito elevada (horária ou a cada 30 minutos) e por isso a base de dados de comparação deve ser avaliada com ressalvas.

Tabela 5.1 – Valores médios de condutividade elétrica do PMQQS (ago, set e out/17) e do IGAM e IEMA

PMQQS	Média da Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) PMQQS			Média da Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) IGAM e IEMA	
	ago/17	set/17	out/17	Ponto coincidente do IGAM e IEMA	Série Histórica antes rompimento
RCA 02	82,2	119,45	126,1	RD071	53,93
RDO 01	64,8	92,8	97,7	RD072	51,03
RDO 03	64,80	84,7	90,9	RDO19	47,73
RDO 05	135,7	168,1	186,7	RD033	78,24
RDO 08	104,7	122,4	138,7	RD044	65,3
RDO 12	92,1	100,5	118,1	RDC1E010	73,27

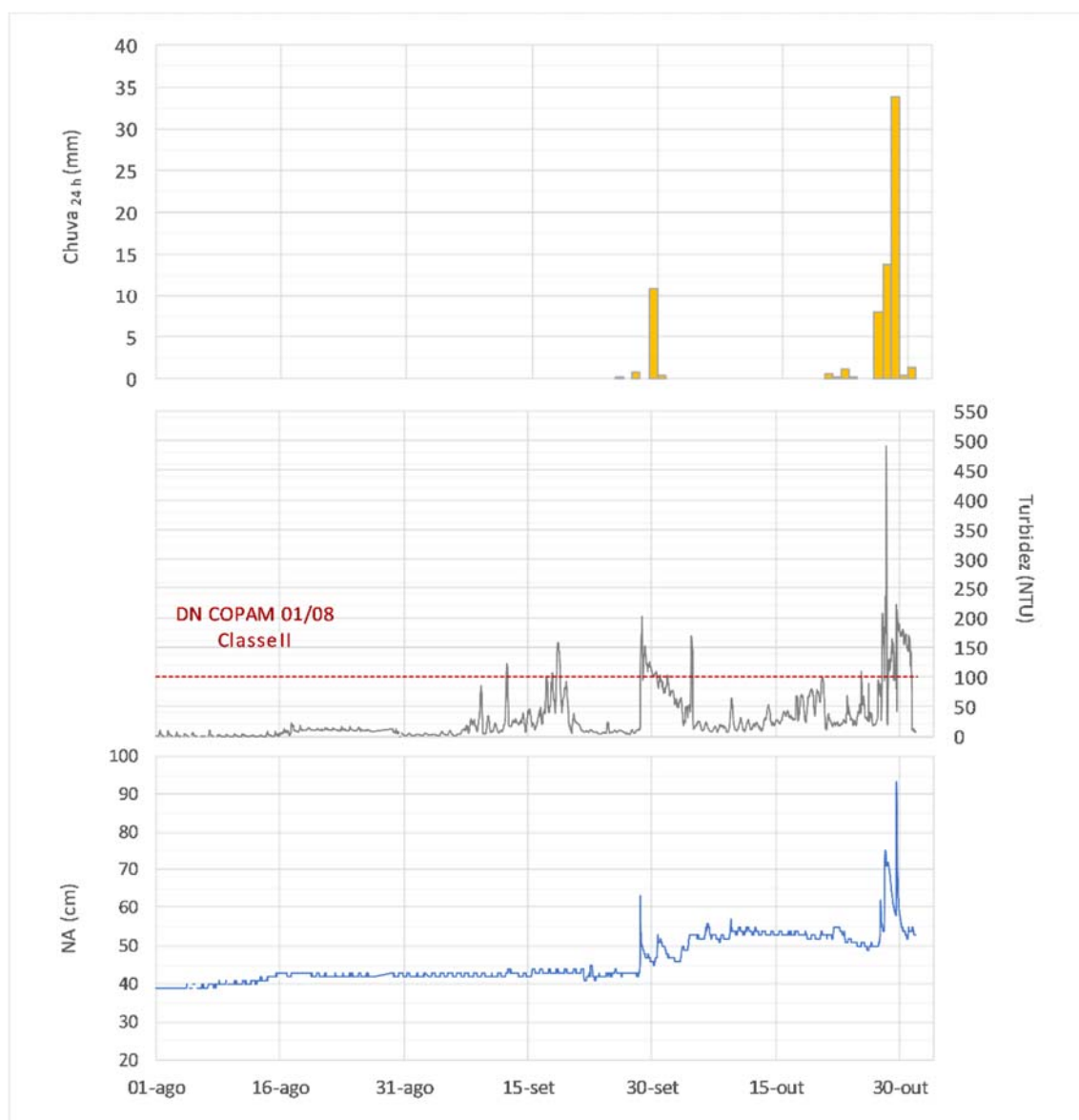
Turbidez

A turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz ao atravessar uma certa quantidade de água, conferindo uma aparência turva à mesma. Essa medição é feita com o turbidímetro ou nefelômetro, que compara o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra, com o de um feixe de igual intensidade, ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez. As principais causas da turbidez da água são: presença de matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílica, colóides), matéria orgânica e inorgânica, organismos microscópicos e algas. A origem desses materiais podem ser do processo natural de formação do solo, do processo de mineração; do processo de outras indústrias; ou dos esgotos domésticos lançados no manancial sem tratamento ou com tratamento não efetivo. A turbidez também pode ser incrementada pelo carreamento dos rejeitos e ressuspensão dos rejeitos depositados na calha dos rios impactados e por isso é um dos

parâmetros mais importantes na avaliação de qualidade da água pós evento de rompimento da barragem de Fundão. Além disso, pode ocorrer incremento da turbidez advindas das obras de recuperação da bacia do rio Doce, executadas pela Fundação Renova, conforme apresentada na Seção 2.0.

Os gráficos a seguir, apresentam os valores de turbidez registrados nas estações automáticas, tipo I e II.

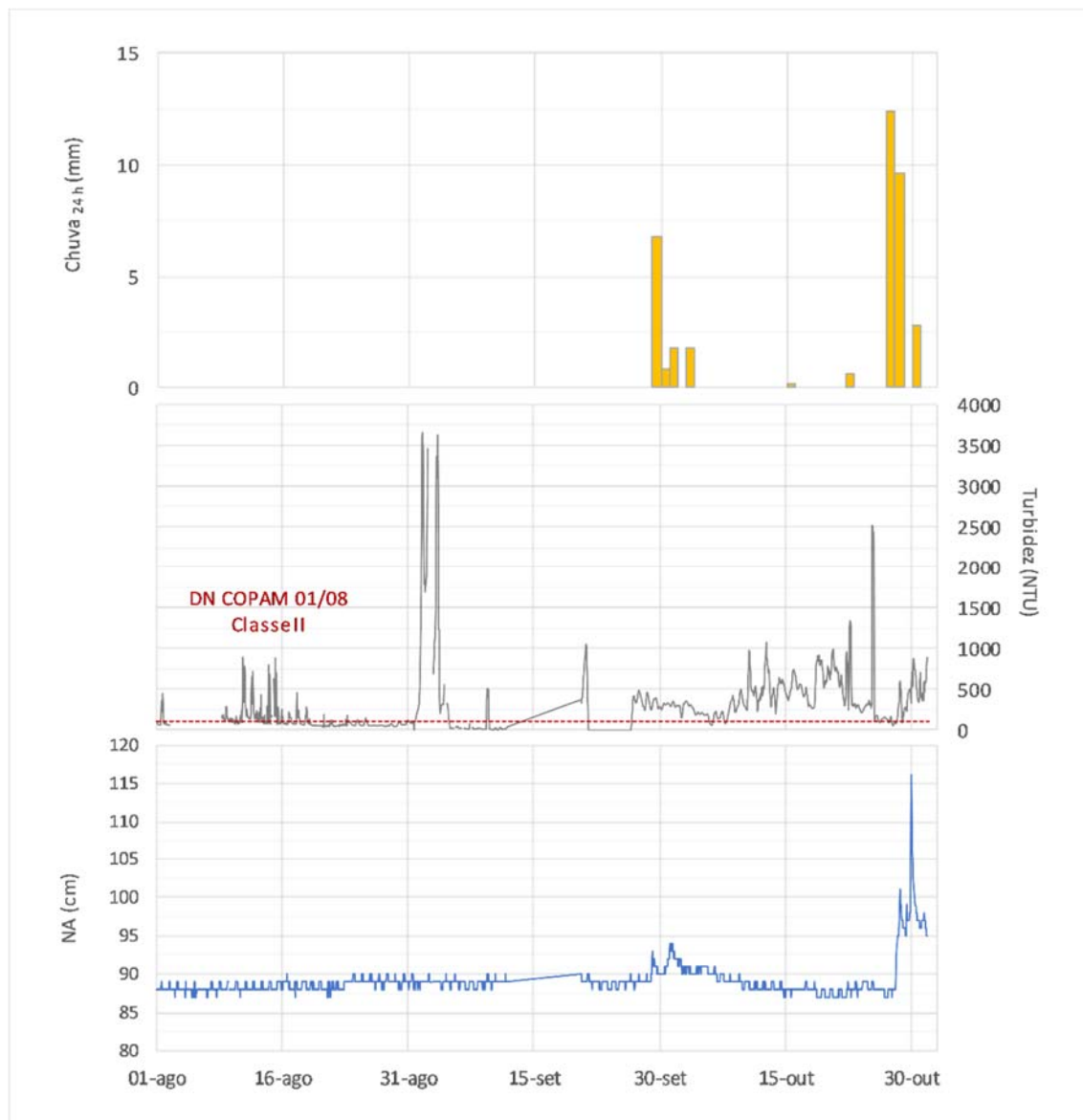
Gráfico 5.9: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada no Rio Gualaxo do Norte (RGN 01) no município de Mariana/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RGN 01, no mês de agosto, os valores de turbidez foram baixos, apresentando valores médios de 11 NTU. Nos meses de setembro e outubro, os valores foram um pouco mais elevados comparados ao mês de agosto, mas ainda de modo geral abaixo de 100 NTU, apresentando valor médio de 30 NTU e 51 NTU nesses meses, respectivamente. Esse ponto está localizado em um trecho a montante do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão que não foi impactado, desta forma esse ponto serve como uma referência de qualidade, em relação a esse parâmetro. Pode-se notar que quando da ocorrência de chuva, o nível d'água é incrementado bem como a turbidez em função das contribuições advindas das drenagens pluviais. Em função destes eventos naturais, a turbidez pode atingir patamares superiores ao limite da legislação (100 NTU) como pode ser observado no final dos meses de setembro e outubro.

Gráfico 5.10: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada no Rio Gualaxo do Norte (RGN 06) no município de Mariana/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RGN 06, primeira estação no rio Gualaxo do Norte em área afetada por rejeitos, observa-se um aumento da turbidez não atendendo a especificação legal, com oscilações, de agosto para outubro, em que os valores de turbidez apresentam médias de 127 NTU, 394 NTU e 424 NTU, nos meses de agosto, setembro e outubro, respectivamente (Gráfico 5.10). Alguns valores elevados de turbidez identificados neste período estão relacionados à presença de algas aderidas no turbidímetro que foram identificadas em campo nas visitas de manutenção semanais, como pode ser visualizado na Figura 5.1. Por volta do dia 15/09 foi

verificado falha na transmissão de dados da Estação que teve sua bateria furtada. A equipe efetuou a troca por uma bateria nova e a estação voltou a operar em 20/09.

Cabe ressaltar, no entanto, que valores elevados de turbidez medidos nas estações RGN06 e RGN08 estejam influenciados pelas obras de engenharia e movimentação de terra realizadas a montante desses pontos de monitoramento durante o período. Conforme relatado na Seção 2.0, ainda estavam ocorrendo obras de regularização de calhas e margens dos rios e tributários que foram finalizadas em 29 de dezembro de 2017. Na Figura 5.2 é apresentado um resumo destas obras nas áreas selecionadas com a indicação do período de início e término das mesmas.



Figura 5.1: Estação RGN06 - Foram identificadas a presença de algas aderidas no turbidímetro nas visitas de manutenção semanais.

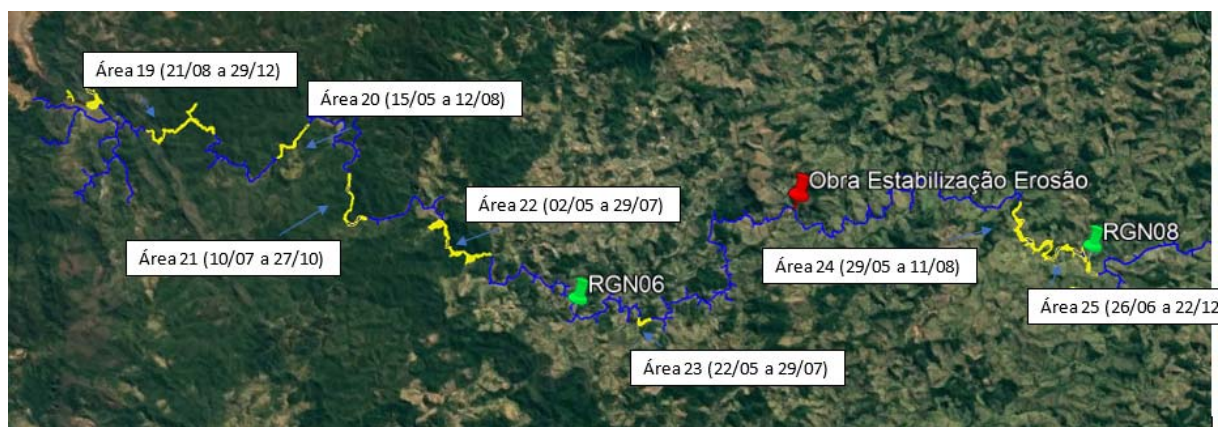
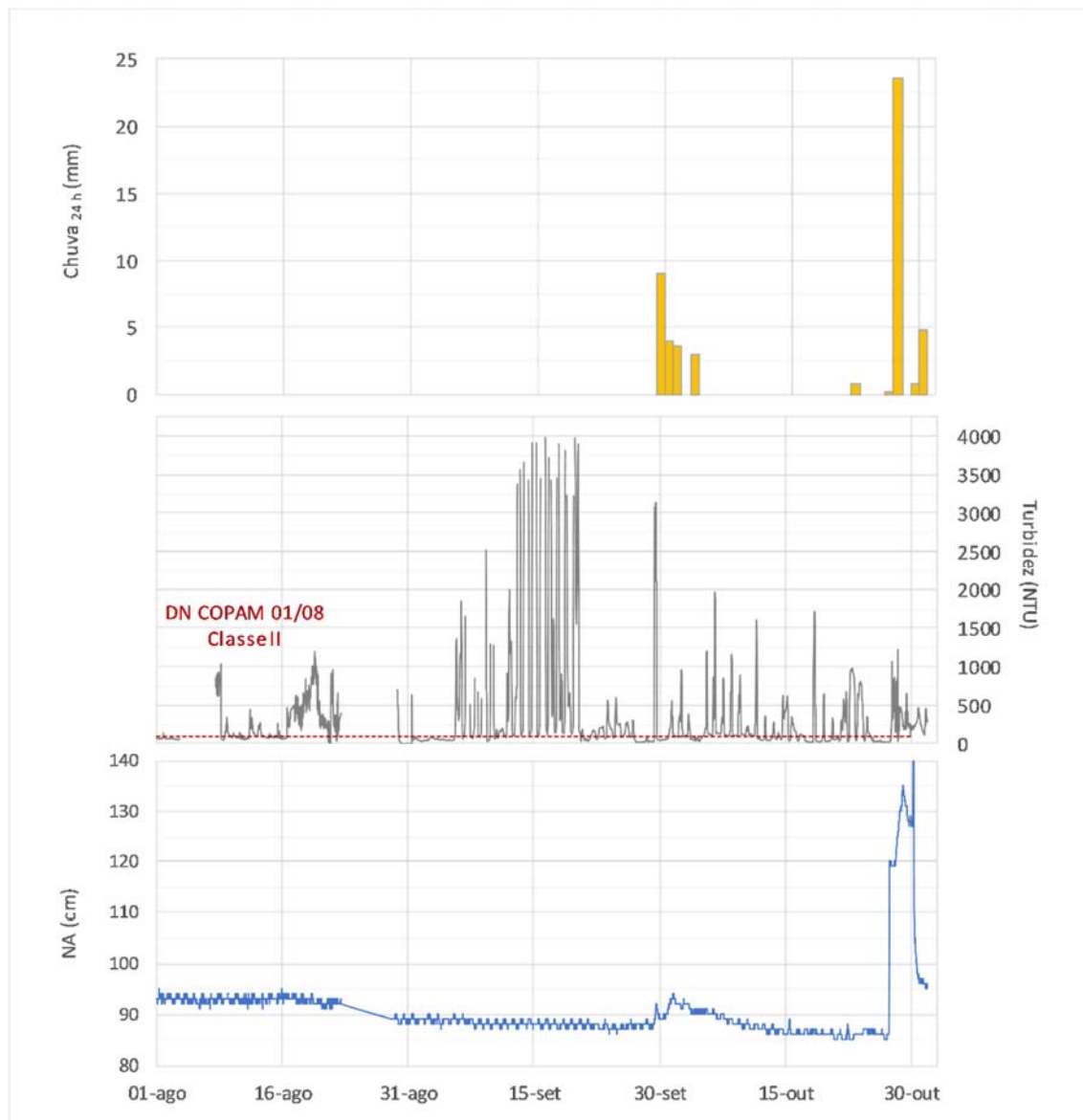


Figura 5.2– Indicação das obras ocorridas no período nas áreas do programa de regularização de calhas e margens dos rios e afluentes.

Gráfico 5.11: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada Rio Gualaxo do Norte (RGN 08) no município de Mariana/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RGN 08, nos meses de agosto, setembro e outubro, os valores de turbidez não atenderam à especificação legal, visto que a grande maioria está acima do VMP (Valor Máximo Permitido), (Gráfico 5.12). Assim como para o ponto RGN 06, no ponto RGN 08 também foram identificadas algas aderidas no turbidímetro, que podem ter influenciado alguns valores elevados de turbidez (Figura 5.3). Os valores elevados registrados em meados de 13 a 20 de setembro, refletem erros na medição com picos acima de 4.000 NTU, que é o limite de quantificação da sonda multiparamétrica instalada. Esses valores não são esperados para a estação de estiagem. No entanto, conforme relatado para o ponto RGN06, os valores eleados

de turbidez identificados na RGN08 também podem ter sido causados pelas obras de engenharia e movimentação de terra e máquinas..

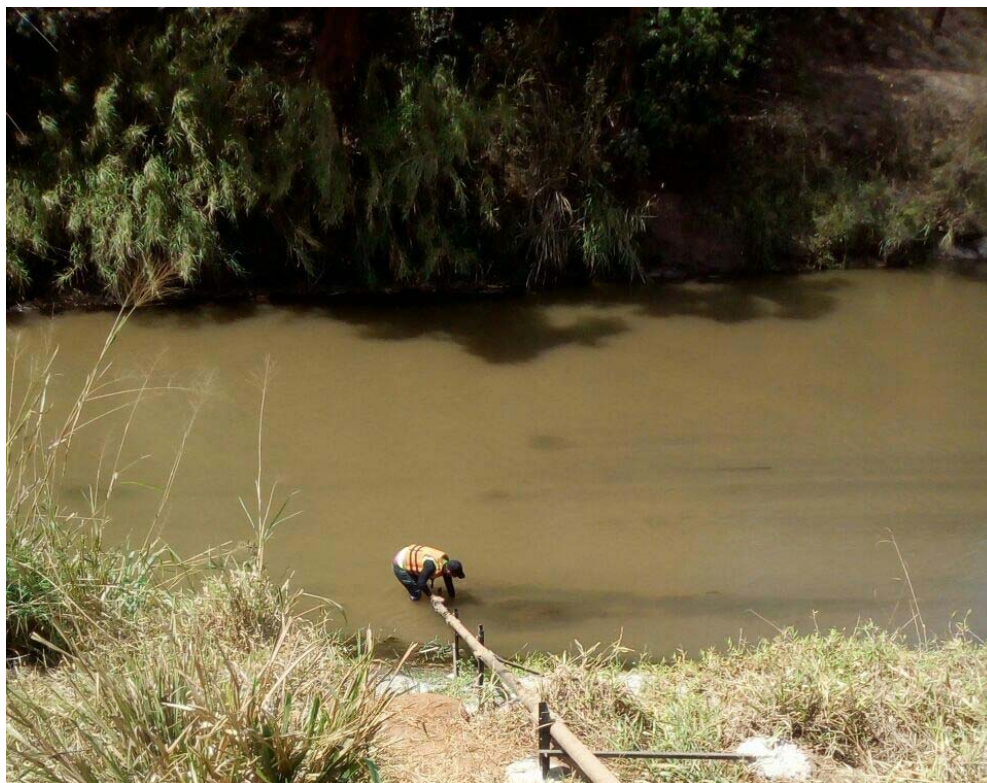
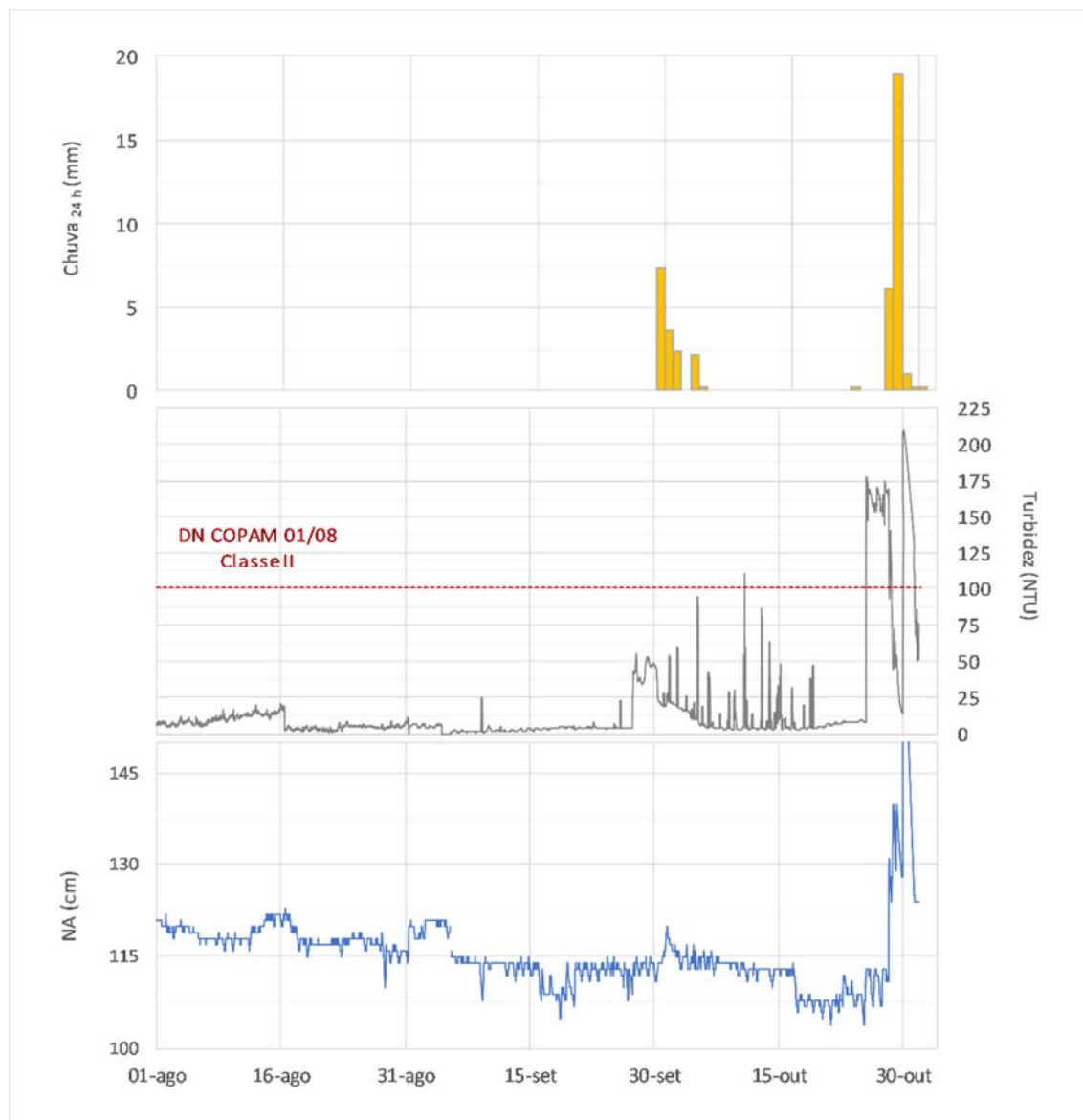


Figura 5.3 – Presença de de algas aderidas no turbidímetro da Estação RGN08 que foram identificadas em campo nas visitas de manutenção semanais durante o período.

Gráfico 5.12: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo I, localizada no Rio do Carmo (RCA 01) no município de Acaiaca/MG.

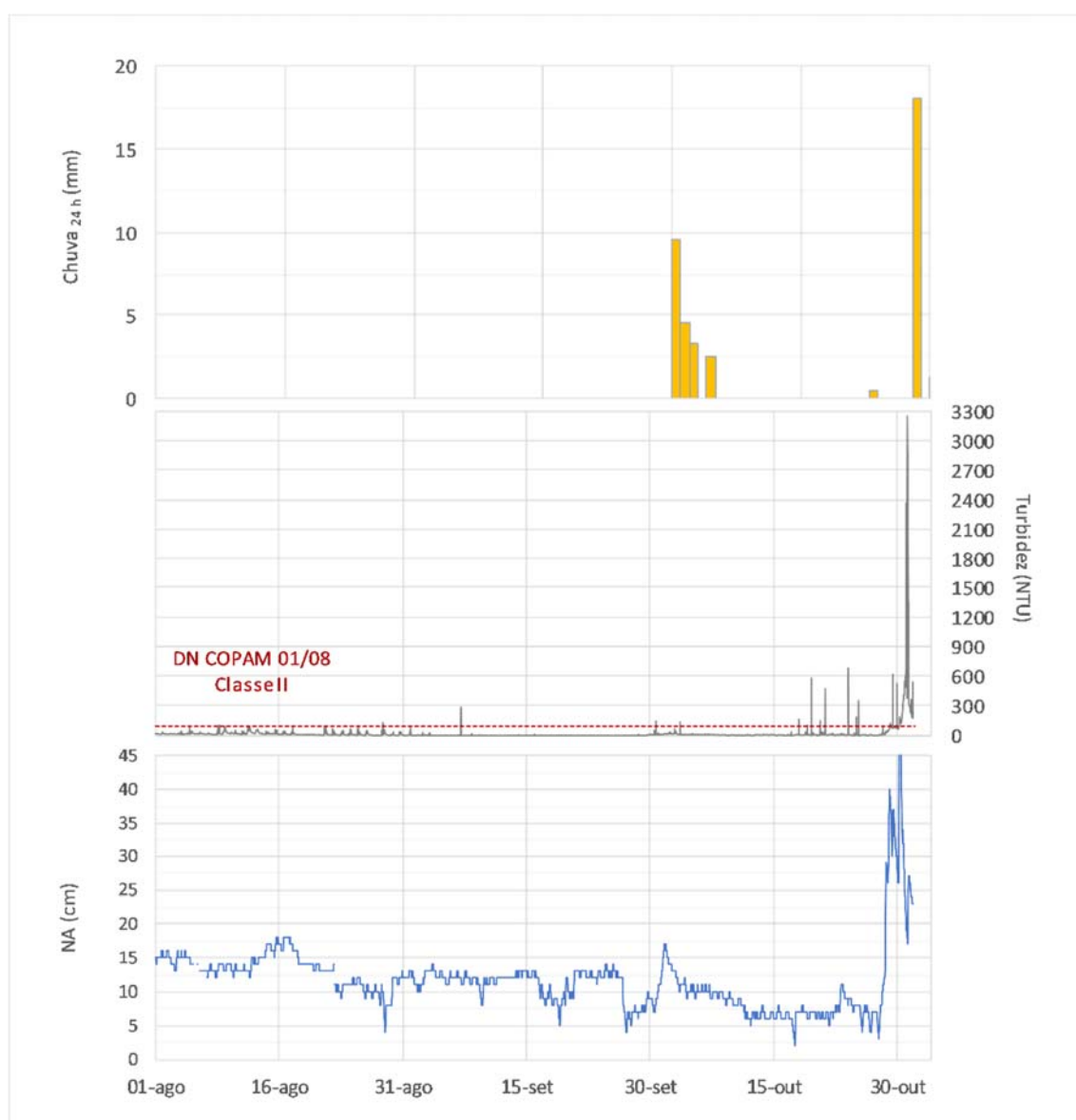


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RCA 01, nos meses de agosto e setembro, os valores de turbidez são considerados normais, visto que a grande maioria está abaixo do VMP (Valor Máximo Permitido) e atendem à especificação legal (Gráfico 5.11). Além disso, os valores médios nesses dois meses são de 7,5 NTU e 7,8 NTU, respectivamente. Já o mês de outubro/17 apresentou nos últimos 5 dias do mês (25/10/17 a 31/10/17), valores de turbidez acima do VMP nessa estação, porém apresentou um valor médio mensal foi de 30 NTU. Verifica-se elevação considerável no nível de água nesses últimos dias resultante das chuvas de outubro, e consequentemente, contribui para a elevação natural da turbidez. Assim como ponto RGN01,

este pontos RCA01 está localizado no rio do Carmo em área não afetada pelos rejeitos do rompimento da barragem de Fundão.

Gráfico 5.13: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio do Carmo (RCA 02) no município de Barra Longa/MG.

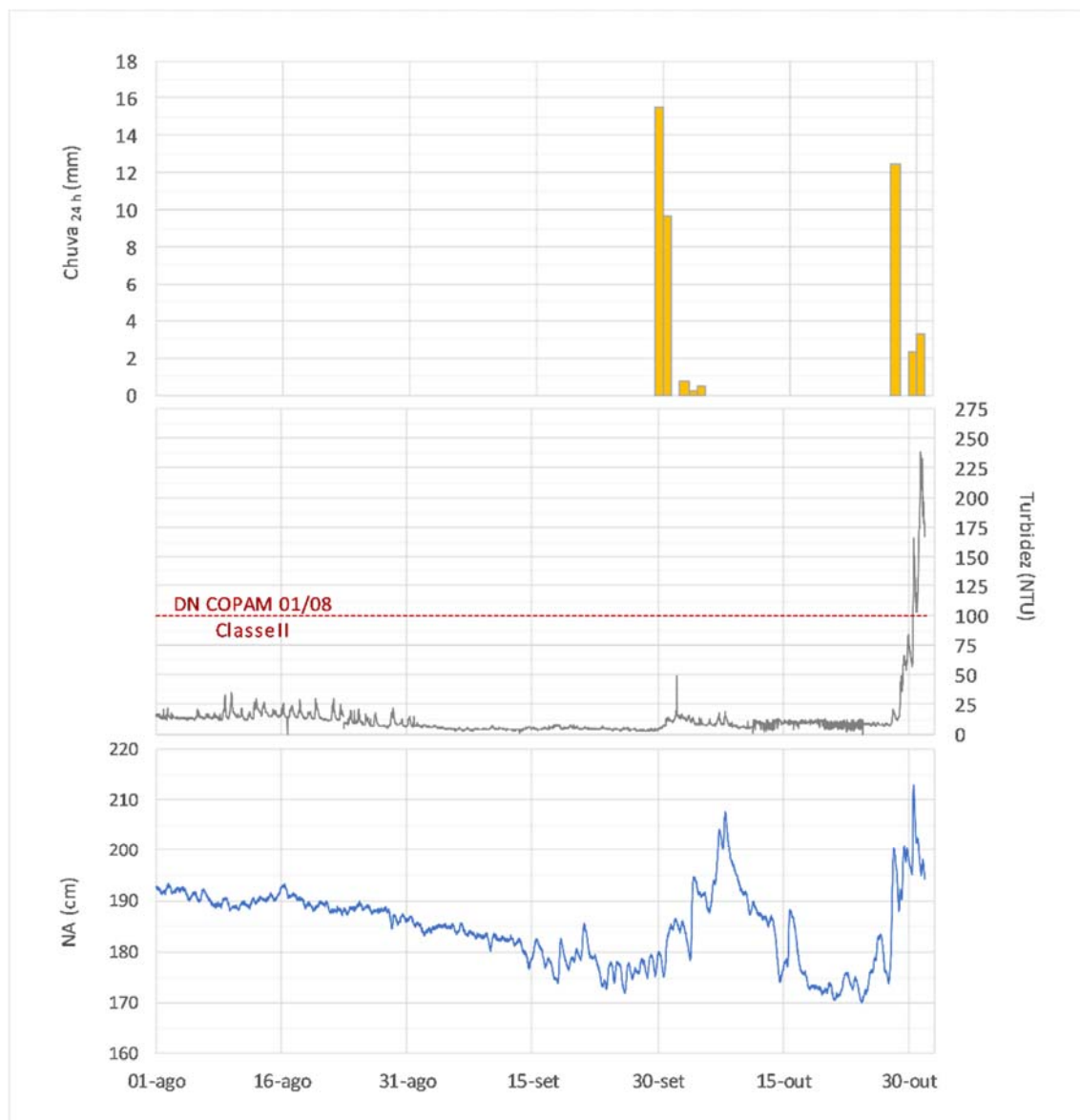


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RCA 02, nos meses de agosto e setembro, os valores de turbidez são considerados normais, visto que a grande maioria está abaixo do VMP (Valor Máximo Permitido) e atendem à especificação legal (Gráfico 5.13), obtendo valores médios de 22,5 NTU e 6,0 NTU, respectivamente. Assim como na estação RCA 01, o mês de outubro/17 apresentou nos últimos 5 dias do mês (25/10/17 a 31/10/17), valores de turbidez acima do VMP, porém apresentou um valor médio mensal foi de 51,3 NTU. Esse aumento na turbidez provavelmente

está associado às primeiras precipitações pluviométricas, do início da estação das chuvas. Não foram verificados ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para turbidez (1.050 NTU).

Gráfico 5.14: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 01) no município de Rio Doce/MG.

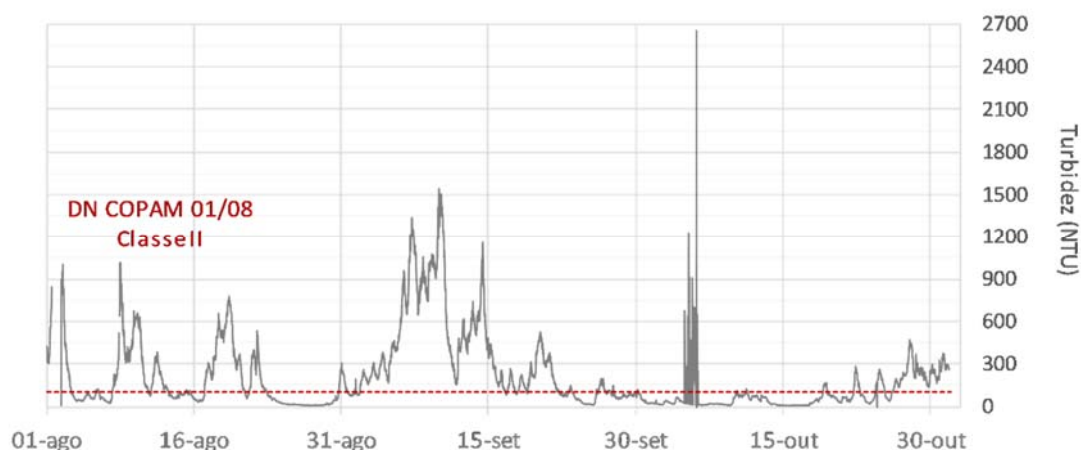


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 01, nos meses de agosto e setembro, os valores de turbidez atendem bem à especificação legal, com médias de 14,4 NTU e 4,8 NTU, respectivamente. Esses valores ficaram bem abaixo do VMP (Valor Máximo Permitido) (Gráfico 5.14). Em outubro o valor médio da turbidez foi baixo também (19,2 NTU), com valores acima do VMP apenas nos últimos dias do mês e estão associados com as chuvas nesses dias, e consequentemente um aumento no nível de água. O nível de água teve um comportamento homogêneo e as grandes

variações são explicadas pela presença de chuvas. Não foram verificados ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para turbidez (1.050NTU), ressalta-se que nessa estação não são medidos os parâmetros “chuva e nível de água”.

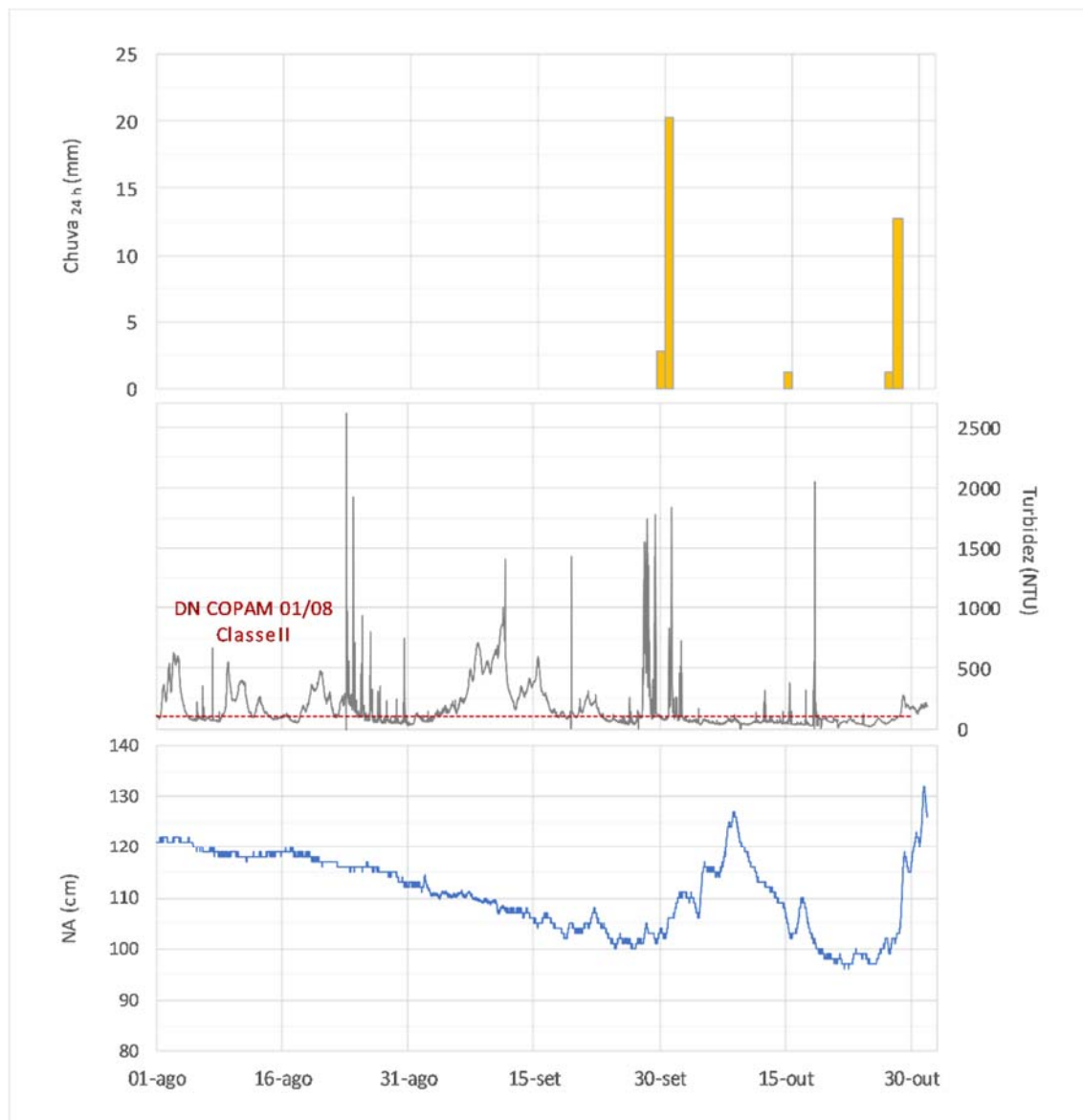
Gráfico 5.15: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 02) no município de Rio Doce/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 02, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de turbidez não atendem à especificação legal, visto que a grande maioria está acima do VMP (Valor Máximo Permitido), (Gráfico 5.15). Nessa estação a turbidez alterna momentos de valores abaixo do VMP, por períodos consideráveis de tempo. Essa estação está localizada imediatamente a jusante da Barragem da Usina Hidroelétrica (UHE) Risoleta Neves, que passa por obras de desassoreamento realizadas pela Fundação Renova, conforme apresentado na Seção 2.0. Portanto, é muito provável que esse aporte de turbidez esteja vindo dessas obras de desassoreamento. Esta estação não faz parte das estações de nível de alerta do PMQQS.

Gráfico 5.16: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 03) no município de São Domingos da Prata/MG.

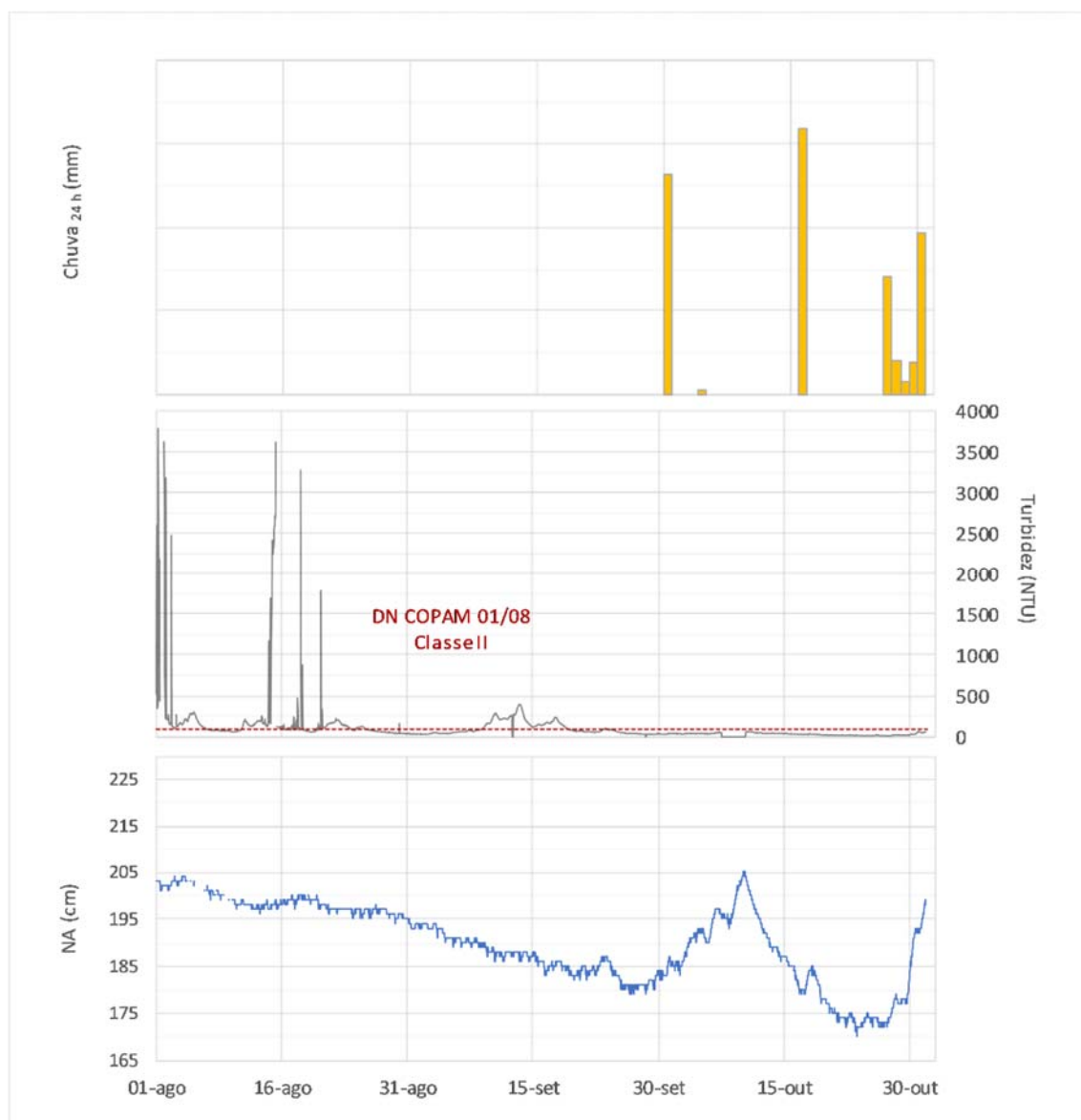


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 03, também localizada a jusante da Usina Hidroelétrica (UHE) Risoleta Neves, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de turbidez não atendem à especificação legal, a grande maioria dos valores está acima do VMP (Valor Máximo Permitido) (Gráfico 5.16). Provavelmente o trabalho de remoção de rejeitos dessa barragem esteja causando esse aumento da turbidez na drenagem a jusante. Essa estação automática também fica próxima a um areal e as atividades de dragagem para extração da areia também podem estar influenciando nos resultados desse tipo de parâmetro neste ponto. Foram verificados ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para turbidez (1.050NTU) em alguns

momentos durante o período porém de forma aleatória e não contínuo, com duração menor que 24 horas.

Gráfico 5.17: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 04) no município de Bom Jesus do Galho/MG.

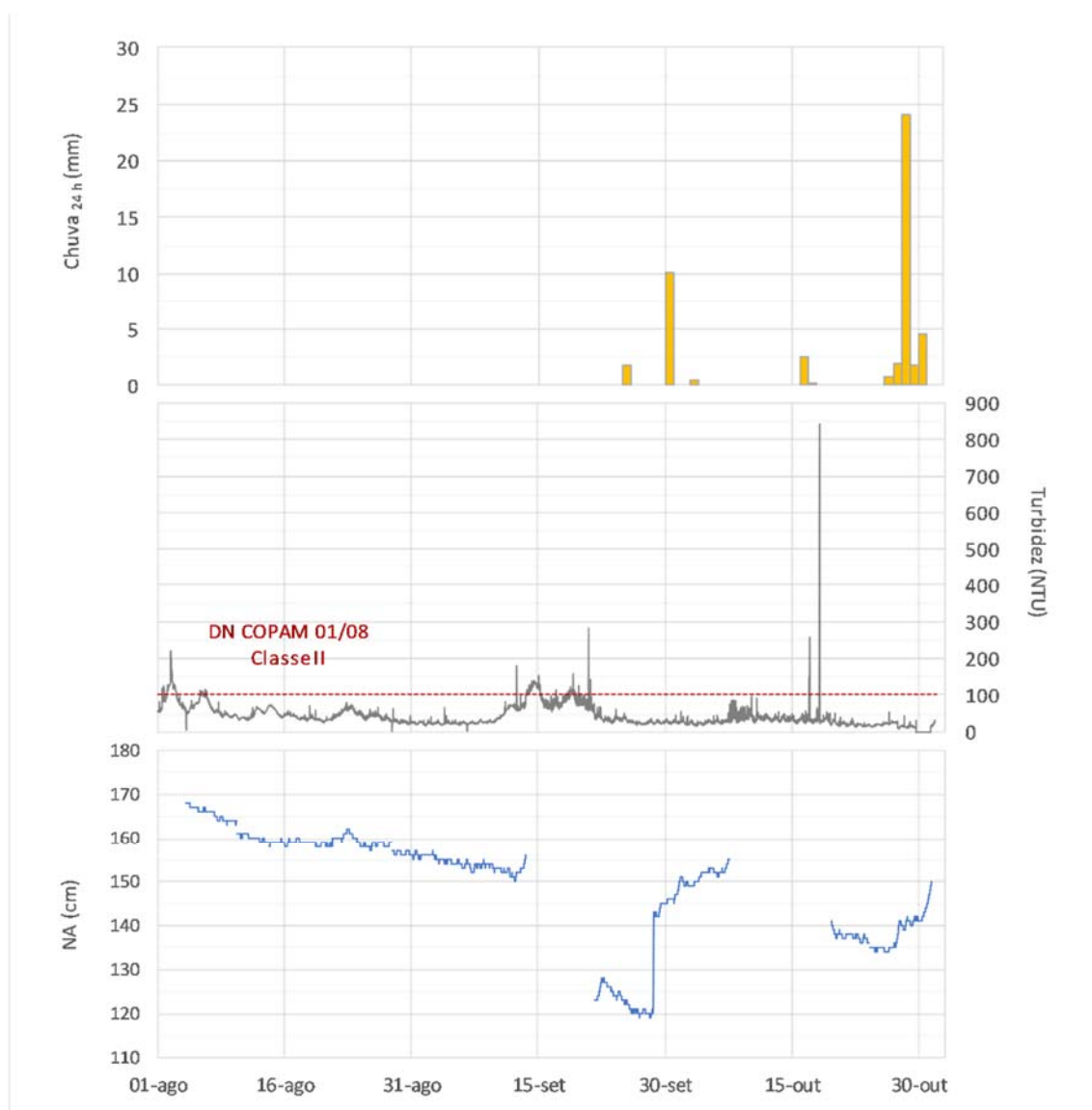


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 04, nos meses de agosto e setembro, os valores de turbidez não atendem à especificação legal, já que a grande maioria dos valores estão acima do VMP (Valor Máximo Permitido), com picos acima de 4.000 NTU, que é o limite de quantificação da sonda multiparamétrica instalada (Gráfico 5.17). Os valores de turbidez decrescem de agosto para outubro, e todos os valores estão abaixo do VMP da referida legislação. Essa estação também está bem mais a jusante da Usina Hidroelétrica (UHE) Risoleta Neves, que passa por obras de

desassoreamento. Portanto, é provável que mesmo assim esse aporte de turbidez também seja consequência das obras de desassoreamento da barragem da Usina. Cabe ressaltar que no mês de agosto, foram constatados nas visitas de manutenção e calibração que a sonda estava encostando no fundo do leito do rio e por isso apresentou valores muito elevados de turbidez. A partir de então, a equipe de manutenção ajustou o posicionamento da mesma para que fique na posição em torno de 30 cm da superfície e a partir de então as medições estão mais confiáveis. À exceção destes picos identificados com elevadas turbidez, possivelmente ocasionadas por um problema da posição da sonda, não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para turbidez (1.050NTU).

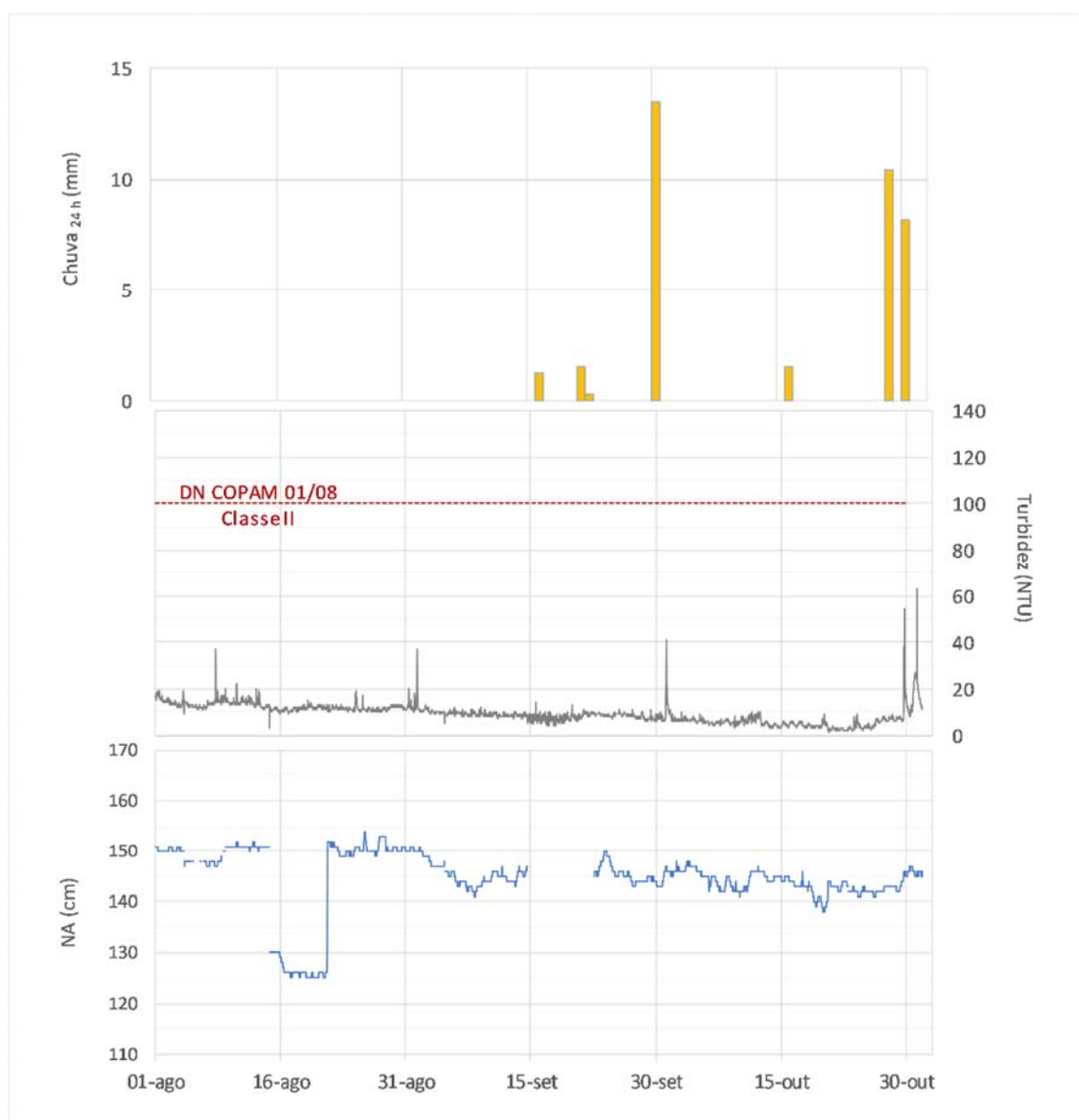
Gráfico 5.18: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 05) no município de Belo Oriente/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 05, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de turbidez são considerados normais na grande maioria dos dados, pois está abaixo do VMP (Valor Máximo Permitido) e atendem à especificação legal (Gráfico 5.18). Esse ponto de monitoramento já se encontra dezenas de quilômetros à jusante da UHE Risoleta Neves e é possível que a elevação da turbidez registrada em meados de setembro possa ter relação com a elevação da turbidez identificada também neste mesmo período nos pontos a montante em RDO02, RDO03 e RDO04. Apesar disso, não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para turbidez (1.050NTU).

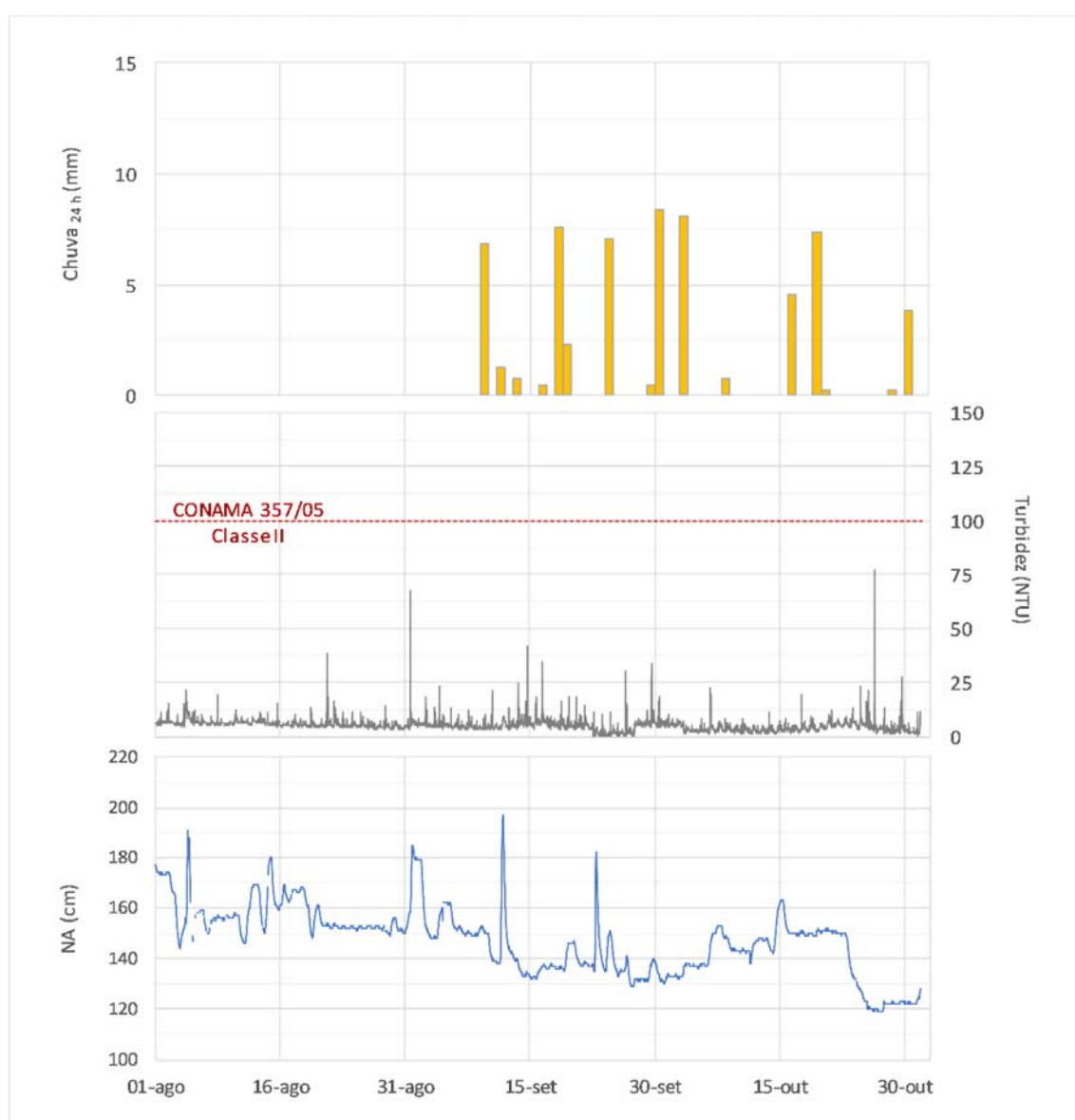
Gráfico 5.19: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 08) no município de Governador Valadares/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 08, nos meses de agosto, setembro e outubro, os valores de turbidez atendem à especificação legal, com médias de 12,5 NTU, 8,5 NTU e 6,2 NTU, respectivamente, ou seja, bem abaixo do VMP (Valor Máximo Permitido), apresentando pouca variação. (Gráfico 5.19). Neste ponto, já não é possível notar influência das obras de dragagem da UHE Risoleta Neves. Não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para turbidez (1.050NTU).

Gráfico 5.20: Valores de Turbidez na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 12) no município de Colatina/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 12, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de turbidez atendem à especificação legal, apresentando valores abaixo do VMP (Valor Máximo

Permitido), com médias de apenas 5,7 NTU, 4,9 NTU 3,8 NTU, respectivamente, e apresentam pouca variação. (Gráfico 5.20). Não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para turbidez (1.050NTU).

A Tabela 5.2 mostra os valores de turbidez média reportados pelo IGAM e IEMA, na série histórica antes do rompimento da barragem. No geral, os valores de turbidez medidos nas estações automáticas são superiores àqueles verificados na série histórica nos pontos coincidentes do IGAM e IEMA, exceto em RDO12. As causas dessa diferença são multifatoriais podendo ser atribuídas a metodologia de amostragem uma vez que o resultado do IGAM e IEMA são provenientes de medições pontuais e com frequência reduzida (trimestral ou mensal) e a metodologia das estações automáticas da Fundação Renova conseguem captar variações ao longo do dia em frequência muito elevada (horária ou a cada 30 minutos) e por isso a base de dados de comparação deve ser avaliada com ressalvas.

Tabela 5.2 – Valores médios de turbidez do PMQQS (agosto/17) e do IGAM e IEMA

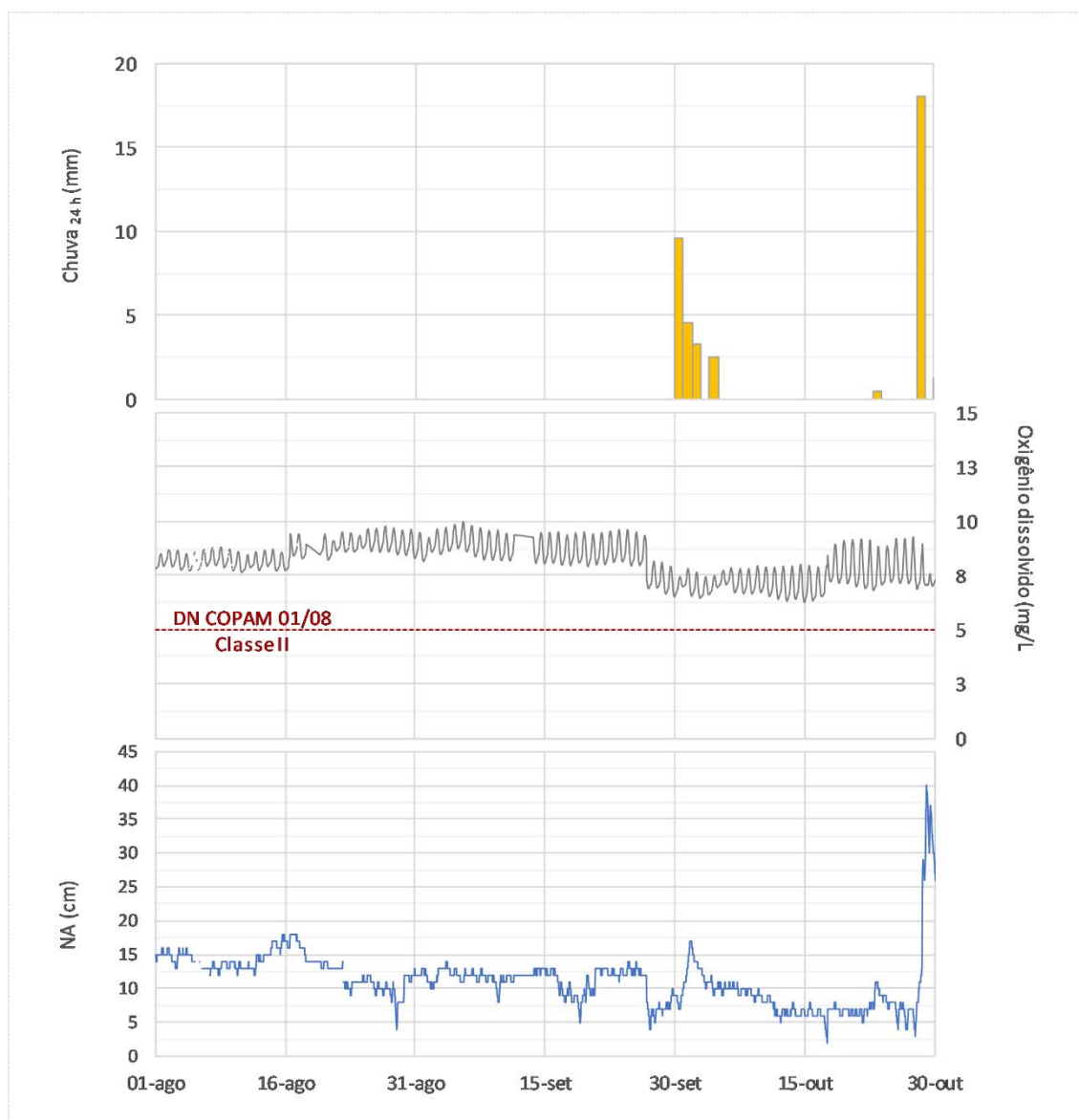
PMQQS	Média da Turbidez (NTU) PMQQS			Média da Turbidez (NTU) IGAM e IEMA	
	ago/17	set/17	out/17	Ponto coincidente do IGAM e IEMA	Série Histórica antes rompimento
RCA 02	22,6	6,0	51,3	RD071	8,17
RDO 01	14,4	4,8	19,2	RD072	6,85
RDO 03	184,8	209,8	85,8	RDO19	7,58
RDO 05	55,7	49,4	28,9	RD033	8,19
RDO 08	12,5	8,5	6,2	RD044	7,69
RDO 12	5,7	4,9	3,8	RDC1E010	7,91

Oxigênio Dissolvido

A concentração de oxigênio dissolvido na água é função da pressão atmosférica, temperatura e salinidade. Quanto mais baixa a temperatura e quanto maior a pressão atmosférica maior será a concentração de oxigênio na água. E quanto maior a salinidade, menor será a concentração de oxigênio em solução. Por exemplo, em ambiente marinho, a concentração máxima de oxigênio corresponde a 80% da concentração máxima de oxigênio em ambiente continental, nas mesmas condições de temperatura e pressão atmosférica.

Segundo a legislação nacional (CONAMA 357/2005) o oxigênio dissolvido no corpo receptor deve ser maior que 5,0 mg/L, contudo sabe-se que em regiões de clima tropical, uma faixa entre 3,0 mg/L e 5,0 mg/L é passível da existência de biota aquática com capacidade reprodutiva (Zagatto e Bertoletti, 2008).

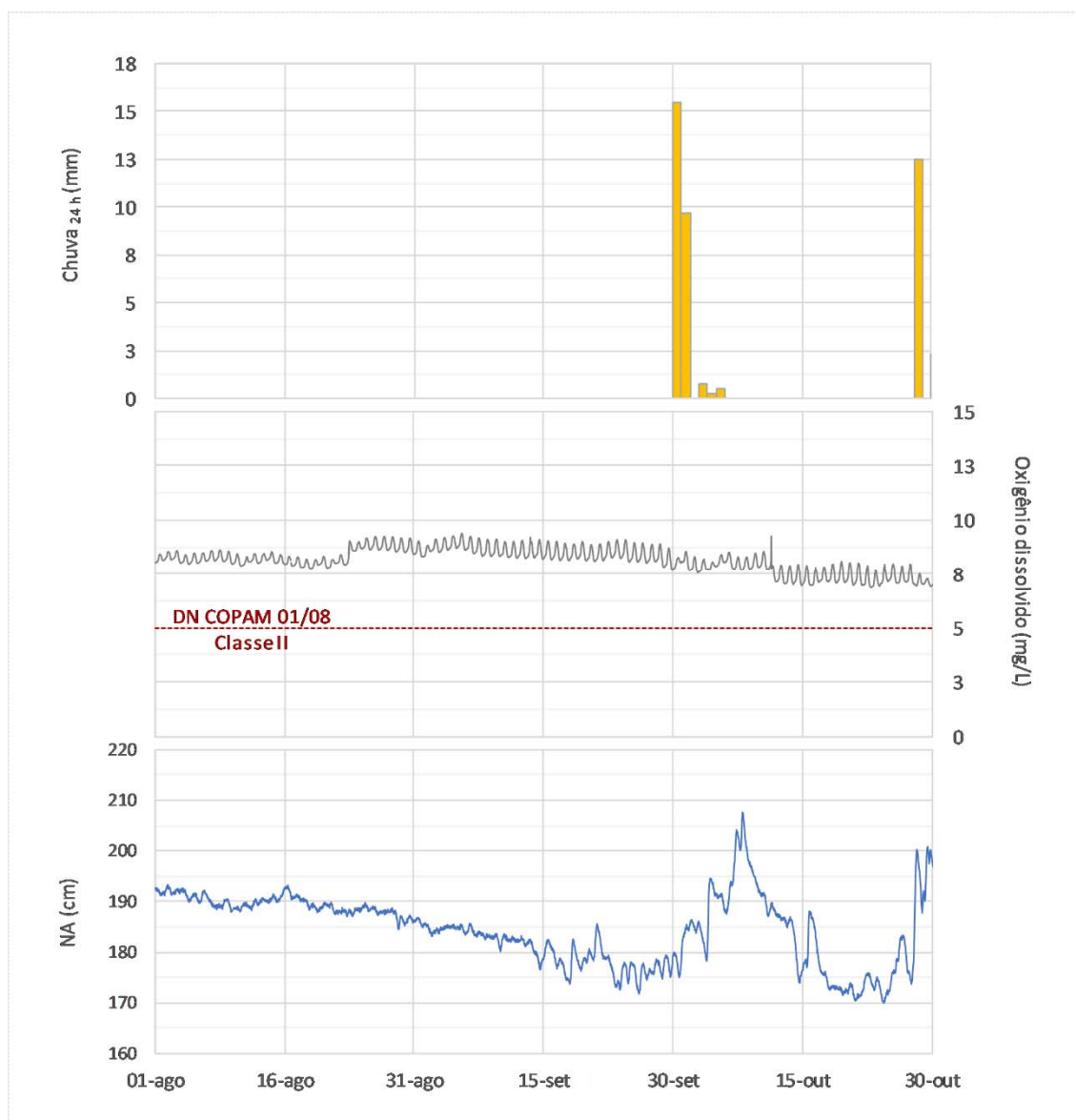
Gráfico 5. 21: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio do Carmo (RCA 02) no município de Barra Longa/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RCA 02, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de oxigênio dissolvido atendem à especificação legal, não apresentando valores abaixo do valor mínimo permitido, e com média de 8,5 mg/L, em agosto e setembro e 7,4 mg/L em outubro. (Gráfico 5.21). Não foram constatados valores abaixo do nível de alerta do PMQQS para oxigênio dissolvido (3,5 mg/L).

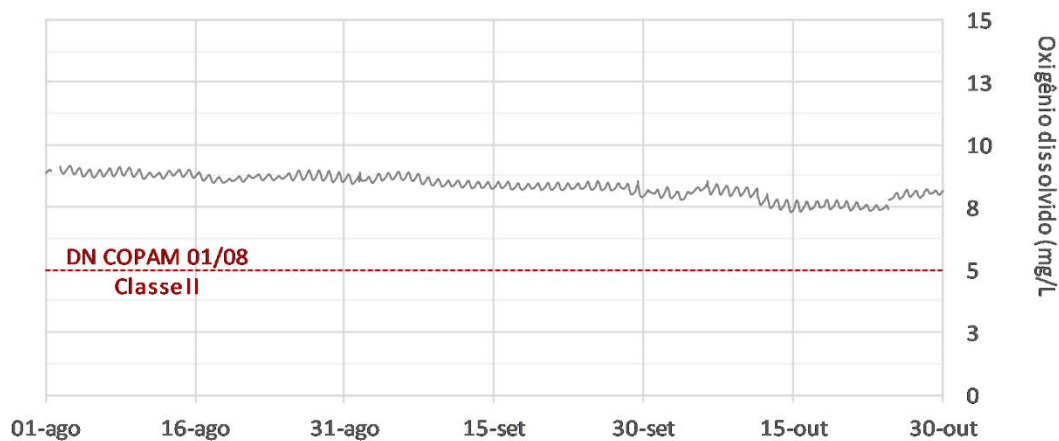
Gráfico 5.22: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 01) no município de Rio Doce/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 01, nos meses de agosto, setembro e outubro, os valores de oxigênio dissolvido atendem à especificação legal, com médias de 8,3 mg/L, 8,5mg/L e 7,5 mg/L, respectivamente, não apresentando valores abaixo do valor mínimo permitido da legislação bem como também abaixo do nível de alerta do PMQQS. (Gráfico 5.22), ressalta-se que nessa estação não são medidos os parâmetros “chuva e nível de água”.

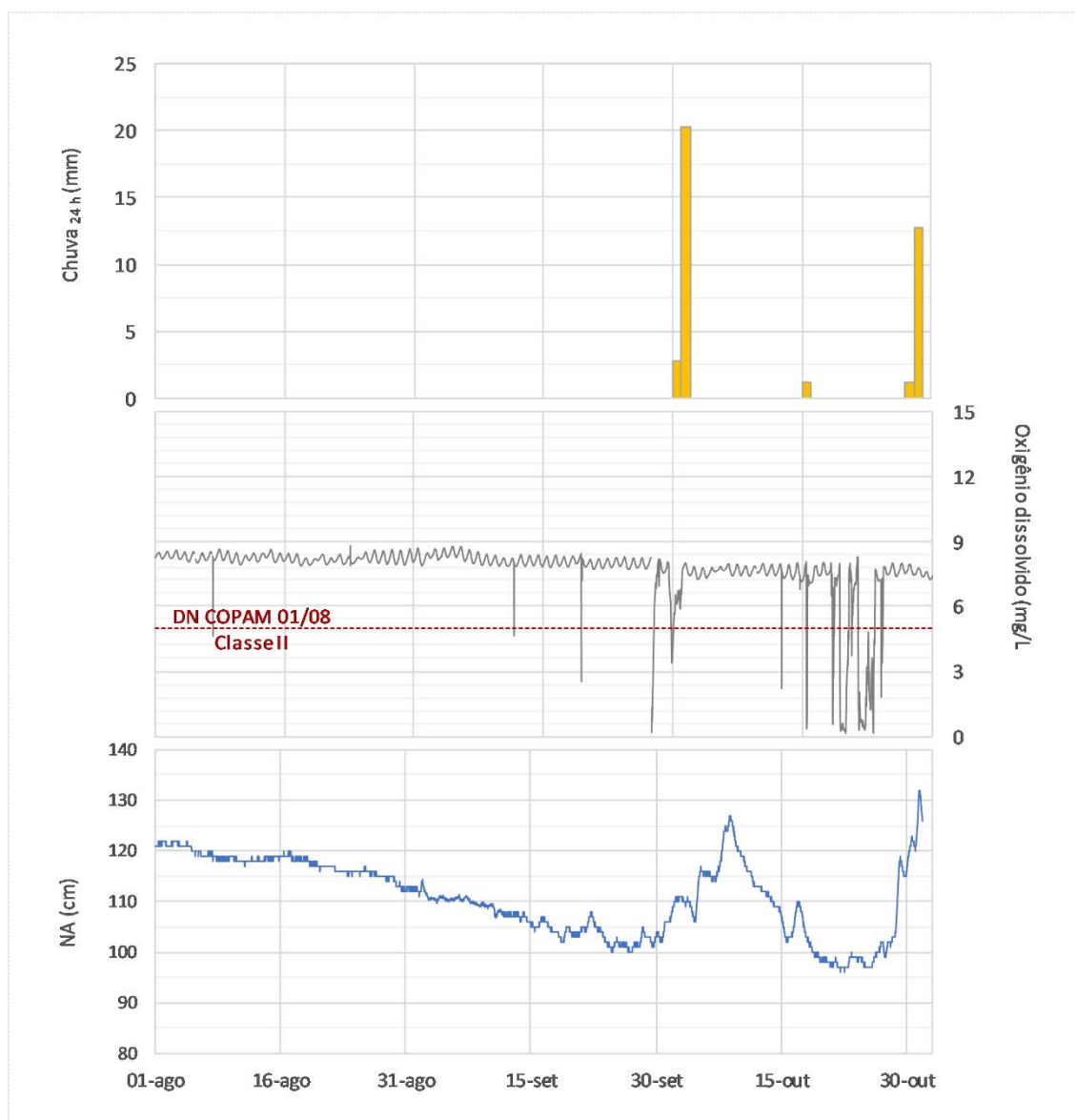
Gráfico 5.23: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 02) no município de Rio Doce/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 02, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de oxigênio dissolvido atendem à especificação legal, não apresentam valores abaixo do valor mínimo permitido, e com média de 8,7 mg/L, 8,4 mg/L e 7,8 mg/L, respectivamente, nesses primeiros três meses de monitoramento (Gráfico 5.23).

Gráfico 5.24: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 03) no município de São Domingos da Prata /MG.

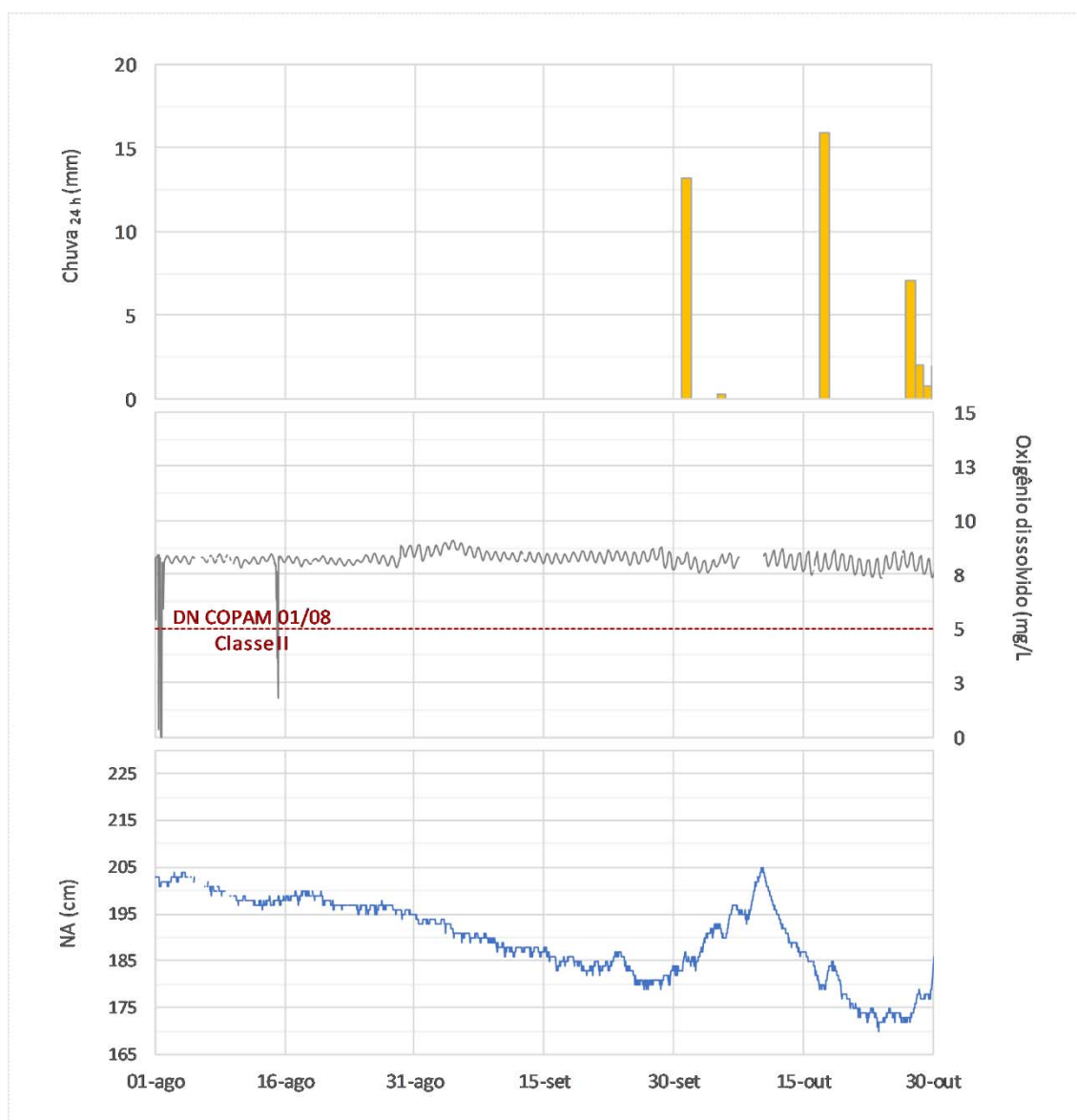


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 03, no mês de agosto e setembro, os valores de oxigênio dissolvido atendem à especificação legal, apresnetando médias de 8,3 mg/L e 7,8 mg/L respectivamente (Gráfico 5.24). Os picos de oxigênio dissolvido abaixo de 5 mg/L estão relacionados a problemas de leitura do equipamento que é influenciado pela movimentação da boia que a sonda fica localizada. Foi identificado nas visitas de campo que em alguns momentos, devido ao deslocamento da draga do areal, presente no local, ou grandes oscilações no nível do rio, boia é deslocada, posicionando a mesma na margem do rio tocando por vezes o fundo do leito. Estes problemas quando identificados são verificados e ajustados pelas equipes de manutenção

preventivas semanais das estações. À exceção destes picos identificados com baixos valores de oxigênio dissolvido, possivelmente ocasionadas por um problema da posição da sonda, não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para oxigênio dissolvido.

Gráfico 5.25: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 04) no município de Bom Jesus do Galho /MG.

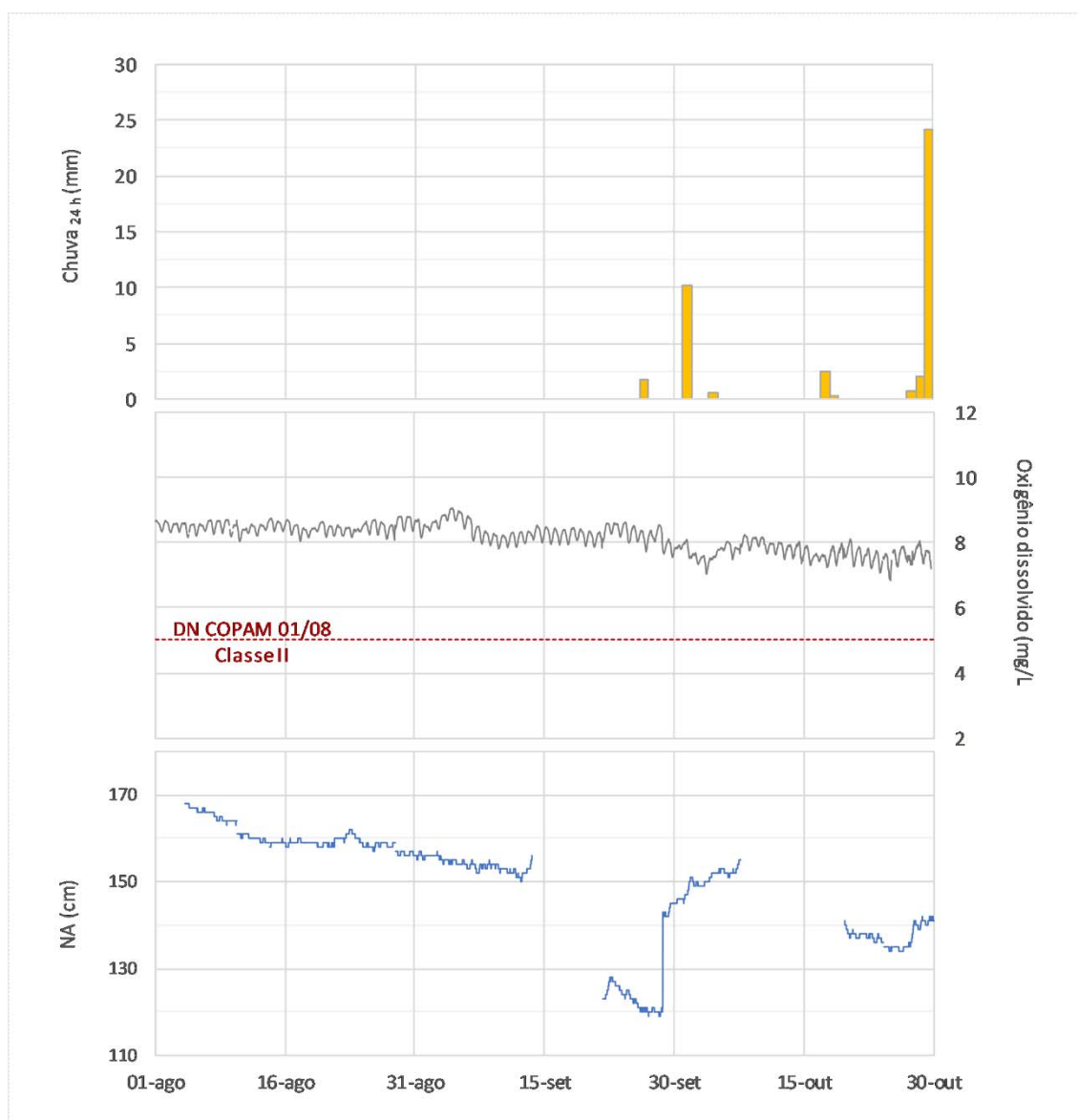


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 04, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de oxigênio dissolvido são considerados normais, embora apresentando alguns valores pontuais abaixo do valor mínimo permitido, possivelmente ocasionados pelo posicionamento da sonda já relatado anteriormente. Os valores médios foram de 8,2 mg/L, 8,4 mg/L e 8,1 mg/L em agosto, setembro

e outubro, respectivamente. (Gráfico 5.25). À exceção destes picos identificados com baixos valores de oxigênio dissolvido, possivelmente ocasionadas por um problema da posição da sonda, não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para oxigênio dissolvido.

Gráfico 5.26: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 05) no município de Belo Oriente/MG.

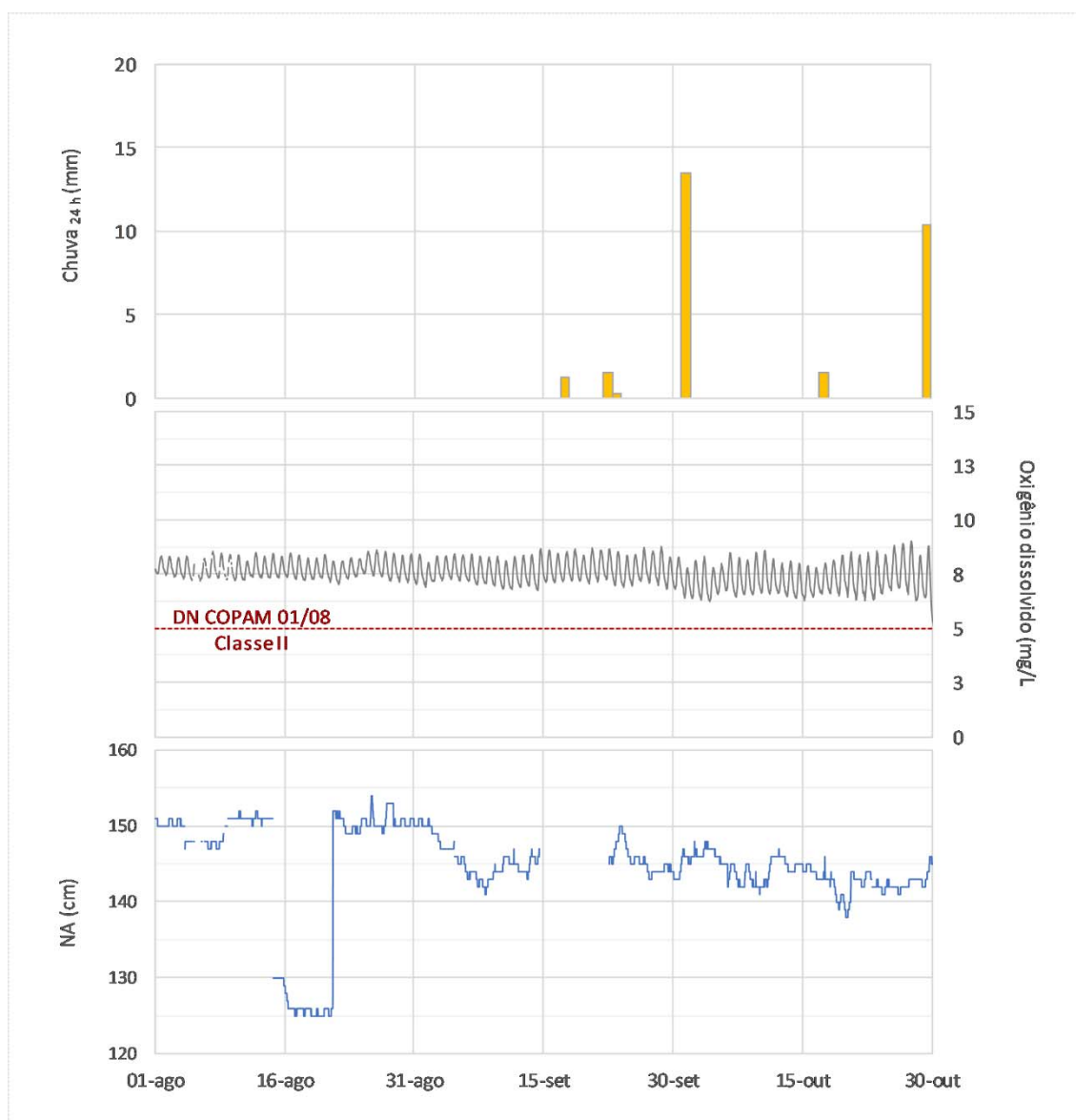


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 05, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de oxigênio dissolvido atendem à especificação legal, não apresentam valores abaixo do valor mínimo

permitido, e com médias de 8,50 mg/L, 8,3 e 7,7 mg/L nesses três meses. (Gráfico 5.26). Não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para oxigênio dissolvido.

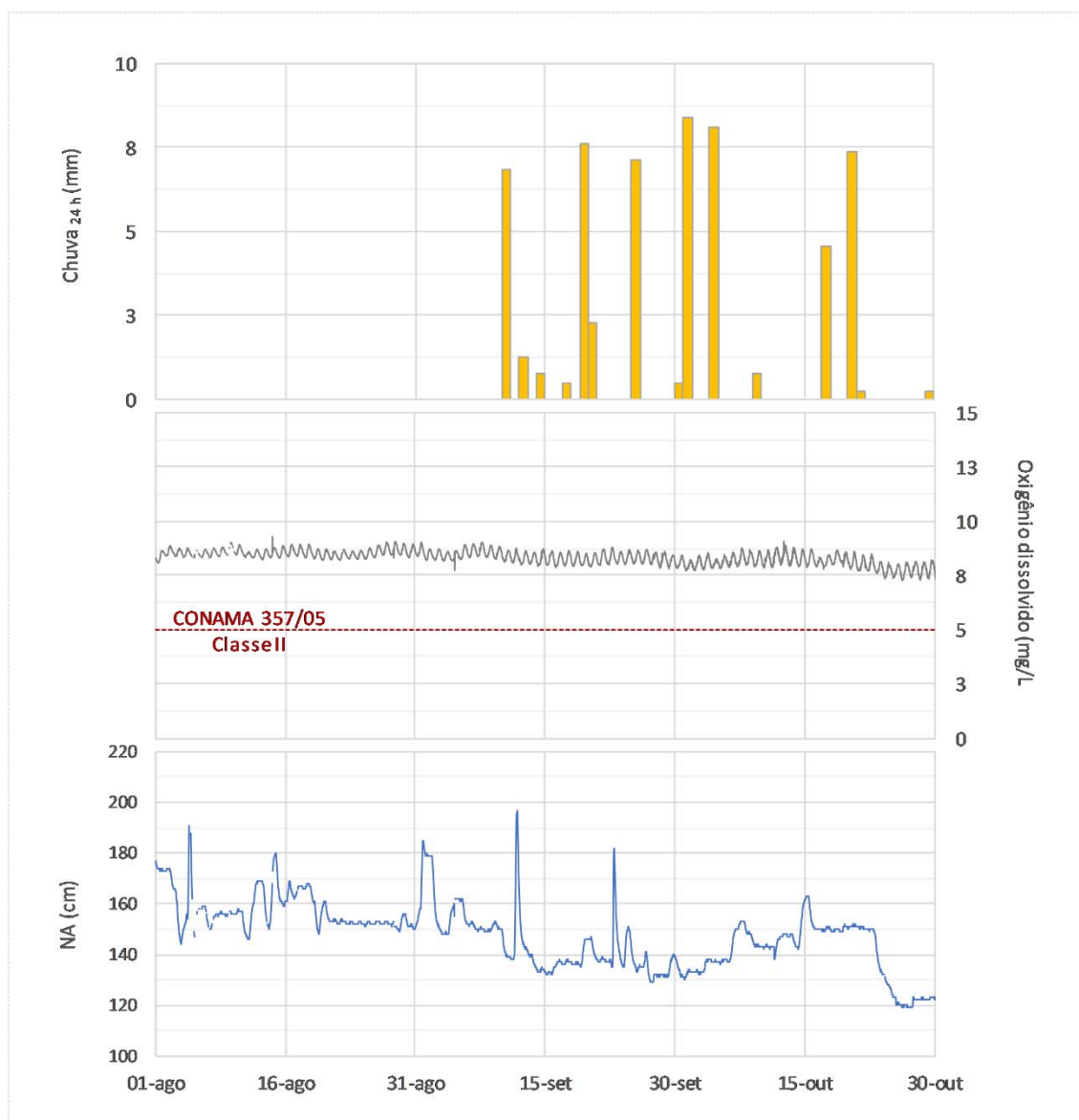
Gráfico 5.27: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 08) no município de Governador Valadares/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 08, no mês de agosto, os valores de oxigênio dissolvido atendem à especificação legal, não apresentam valores abaixo do valor mínimo permitido, e com média de 7,7 mg/L, 7,6 mg/L e 7,2 mg/L, respectivamente (Gráfico 5.27). Não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para oxigênio dissolvido.

Gráfico 5.28: Valores de Oxigênio Dissolvido na Estação Automática- Tipo II, localizada no Rio Doce (RDO 12) no município de Colatina/MG.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na estação RDO 12, nos meses de agosto, setembro e outubro os valores de oxigênio dissolvido atendem à especificação legal e não apresentam valores abaixo do valor mínimo permitido. Os valores médios registrados em agosto/17, setembro e outubro/17 são de 8,6, mg/L, 8,4 mg/L e 8,1 mg/L, respectivamente (Gráfico 5.28). Não foram constatadas ultrapassagens do nível de alerta do PMQQS para oxigênio dissolvido.

A Tabela 5.3 mostra os valores de oxigênio dissolvido médio reportados pelo IGAM e IEMA, na série histórica antes do rompimento da barragem. Estes valores são muito próximos

àqueles verificados nos pontos coincidentes do PMQQS. Contudo cabe avaliar as ressalvas comparativa destes dados já comentadas ao longo deste capítulo.

Tabela 5.3 – Valores médios de oxigênio dissolvido do PMQQS (ago, set e out/17) e do IGAM e IEMA

PMQQS	Média do Oxigênio Dissolvido (mg/L) PMQQS			Média do Oxigênio Dissolvido (mg/L) IGAM e IEMA	
	ago/17	set/17	out/17	Ponto coincidente do IGAM e IEMA	Série Histórica antes rompimento
RCA 02	8,5	8,5	7,4	RD071	8,17
RDO 01	8,3	8,5	7,5	RD072	8,06
RDO 03	8,3	7,8	6,9	RDO19	7,58
RDO 05	8,5	8,3	7,7	RD033	8,07
RDO 08	7,7	7,6	7,2	RD044	7,73
RDO 12	8,6	8,4	8,1	RDC1E010	7,9

5.2 Qualidade das Águas Superficiais Interiores - Rios e Lagoas

5.2.1 Trecho 1

O Trecho 1 corresponde ao trecho da ina Samarco até a UHE Risoleta Neves. Nesse trecho são monitorados, basicamente, o córrego Santarém nos vertedouros do Dique S3 e Dique S4, Rio Gualaxo do Norte, Rio do Carmo, Rio Piranga e Rio Doce. A seguir são apresentadas as tabelas dos resultados das campanhas de monitoramento realizadas apenas em setembro e outubro de 2017, pois em agosto não foi possível realizar a coleta nesses dois pontos pois a empresa que faria a coleta ainda não estava mobilizada.

Os dados estão agrupados por rio e o comparativo destes com os resultados dos monitoramentos do IGAM foi realizado e estão apresentados em estações coincidente. As tabelas apresentam os resultados dos monitoramentos do IGAM considerando a média, o mínimo e o máximo, juntamente com os resultados das campanhas de agosto, setembro e outubro, sendo comparados aos limites legais da DN COPAM 01/08, águas classe 2. A base de dados do IGAM utilizada está descrita no capítulo 3 item 3.1.1. Conforme já citado, serão apresentados os resultados em forma de tabela (Tabela 5.4 a 5.14) para os parâmetros de maior relevância ambiental.

Os laudos completos se encontram no ANEXO IV e as tabelas com os dados completos no ANEXO V.

Tabela 5.4 - Dados de qualidade de água superficial do Dique S3 e Dique S4 - Trecho 1 (RVD03 e RVD04).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RVD 03*		RVD 04*	
			26-set-17 10:20	23-out-17 12:50	26-set-17 13:50	23-out-17 13:42
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	<1,00	375,54	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	< 0,75	< 0,75	< 0,75	< 0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Condutividade	µS/cm	-	91,0	66,0	59,0	45,0
Cromo total	mg/L	0,05	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
DBO	mgO2/L	≤ 5	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	2.200	< 18	330,0	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,06	0,059	0,039	0,038
Mercurio total	mg/L	0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Nitrato	mg/L	10	< 0,11	< 0,11	0,73	< 0,11
Nitrito	mg/L	1	< 0,006	0,029	< 0,006	0,02
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,0	4,78	4,0	4,63
pH	-	6,0-9,0	8,0	8,08	7,8	7,6
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	58,0	40,0	40,0	29,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	< 10	< 10	< 10	< 10
Sulfetos (como H2S não dissociado)	mg/L	0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,0	27,53	24,0	26,79
Turbidez	NTU	100	11,0	8,22	5,0	2,9
Vazão	-	-	-	-	-	-
Zinco total	mg/L	0,18	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

*No mês de agosto não foi possível realizar as coletas nestes ponto RDV03 e RVD04, pois a empresa não estava mobilizada para realizar atividades dentro da Samarco. Estes pontos tem acesso restrito internamente à área da Samarco.

Tabela 5.5 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Gualaxo no Norte - Trecho 1 (RGN 01, 02 e 03).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RGN 01			RGN 02			RGN 03		
			7-ago-17 11:20	4-set-17 09:20	3-out-17 13:10	7-ago-17 14:40	4-set-17 13:50	4-out-17 09:24	7-ago-17 17:15	4-set-17 15:00	4-out-17 10:45
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	< 1.00	32.66	< 1.00
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	1,6	<0,75	<0,75	1,4
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	103,0	114,0	119,0	73,0	89,0	92,0	81,0	89,0	91,0
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	330	230	330	68	130	700	68	230	170
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,059	0,042	0,071	0,14	0,07	0,153	0,086	0,077	0,153
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,24	0,28	0,24	0,21	0,23	0,19	0,34	0,22	0,2
Nitrito	mg/L	1	<0,006	<0,006	0,013	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,2	3,85	3,62	4,0	4,75	3,98	4,47	4,48	4,3
pH	-	6,0-9,0	8,0	8,02	7,99	8,21	8,34	7,97	8,15	8,36	8,08
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	68,0	67,0	70,0	53,0	63,0	64,0	58,0	60,0	56,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	<10	<10	<10	<10	<10	15	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	19,0	17,0	23,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	22,0
Turbidez	NTU	100	2,0	2,0	4,78	72,0	27,0	44,0	58,0	28,0	41,0
Vazão	-	-	1,47	1,09	1,48	2,4	1,8	2,04	2,4	1,92	2,46
Zinco total	mg/L	0,18	0,017	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,103	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.6 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Gualaxo no Norte - Trecho 1 (RGN 04, 05 e 06).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RGN 04			RGN 05			RGN 06		
			8-ago-17 12:03	5-set-17 09:34	4-out-17 13:35	8-ago-17 15:55	5-set-17 11:33	5-out-17 09:03	8-ago-17 10:02	6-set-17 09:12	5-out-17 10:42
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	< 1.00	<1.00	32.66	< 1.00	<1.00	43.54	<1.00	<1.00	<1.00
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	1,5	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	82,0	86,0	91,0	80,0	86,0	87,0	78,0	86,0	88,0
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,06	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	170,0	112,0	170,0	260,0	20,0	170,0	68,0	78,0	220,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	0,019	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,279	0,105	0,124	0,128	0,062	0,13	0,148	0,072	0,13
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,25	0,17	0,2	0,25	0,26	0,17	0,18	0,17	0,17
Nitrito	mg/L	1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,0	4,35	4,68	4,27	4,71	4,3	4,54	4,55	5,56
pH	-	6,0-9,0	8,0	8,13	8,17	8,13	8,23	7,58	8,03	8,07	8,11
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	60,0	60,0	49,0	60,0	60,0	63,0	23,0	62,0	65,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	100,0	15,0	15,0	54,0	13,0	<10	45,0	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	21,0	17,0	22,0	23,0	19,0	21,0	18,0	17,0	21,0
Turbidez	NTU	100	47,0	26,0	50,0	182,0	32,0	36,0	22,0	27,0	37,0
Vazão	-	-	2,31	1,92	2,18	2,36	2,21	2,52	2,44	1,87	2,23
Zinco total	mg/L	0,18	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,02	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.7 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Gualaxo no Norte - Trecho 1 (RGN 07 e 08).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	(IGAM RD011)			RGN 07			RGN 08		
			Pós Rompimento e coincidente com RGN 08			10-ago-17	11-set-17	5-out-17	9-ago-17	11-set-17	6-out-17
			Med	Min	Max	10:38	09:48	14:00	17:08	13:36	09:27
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,12	0,03	0,36	<0,050	<0,050	<0,050	0,084	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,0013	0,001	0,003	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0008	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,03	0,005	0,45	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	< 1.00	<1.00	244.92	87.08	<1.00	<1.00
Clorofila a	µg/L	30	0,80	0,80	0,80	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,005	0,004	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	73,02	40,6	158	71	76	78	70	77	79
Cromo total	mg/L	0,05	0,05	0,04	0,246	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2	<2	<2	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	1.467,2	1.467,2	1.467,2	240	490	700	3.500	790	230
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,27	0,07	0,95	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,15	0,15	0,15	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	5,39	0,01	103,80	0,078	0,044	0,101	0,066	0,039	0,107
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,05	0,0002	0,89	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,01	0,004	0,14	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,55	0,55	0,55	0,18	0,12	0,15	0,17	0,15	0,21
Nitrito	mg/L	1	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,86	7,1	9,1	4,56	4,19	5,19	4,00	4,51	5,49
pH	-	6,0-9,0	7,14	5,8	8,2	8,05	8,17	8,12	8,06	8,27	7,98
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	102,14	24,0	250	27,0	46,0	54,0	33,0	49,0	42,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	3.649,5	13,0	53.760,0	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,55	23,6	26,1	20,0	21,0	22,72	23,0	25,0	23,0
Turbidez	NTU	100	9.867,1	40,9	32.510,0	70,0	19,0	35,3	90,0	17,0	32,0
Vazão	-	-	-	-	-	3,19	2,01	3,1	3,39	3,31	3,58
Zinco total	mg/L	0,18	0,02	0,02	0,13	0,027	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.8 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 01).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RCA 01		
			9-ago-17 14:24	12-set-17 09:42	6-out-17 11:40
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	244.92	<1.00	<1.00
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	80	120	132
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	220	78	110
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,049	0,037	0,071
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,54	0,43	0,93
Nitrito	mg/L	1	0,011	<0,006	0,013
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,95	4,50	4,97
pH	-	6,0-9,0	8,04	7,81	7,88
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	57,0	65,0	57,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	13,0	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	21,0	21,0	25,0
Turbidez	NTU	100	3,0	2,0	4,0
Vazão	-	-	9,17	7,84	8,85
Zinco total	mg/L	0,18	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.9 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 02).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RCA 02 (Coincidente IGAM RD071)			Pós Rompimento RCA 02 (Coincidente IGAM RD071)			RCA 02		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	10-ago-17 17:00	12-set-17 14:02	9-out-17 09:30
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,104	0,10	0,209	0,16	0,02	1,035	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,007	0,0003	0,039	0,002	0,001	0,004	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,006	0,005	0,014	0,006	0,005	0,008	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	122,46	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	2,41	0,006	12,68	0,968	0,006	2,136	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,004	0,004	0,008	0,004	0,004	0,0284	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	53,93	31,70	84,30	73,48	59,87	96	76	109	120
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,05	2,00	3,50	<2	<2	<2	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	3.876	1.300	11.000	6.611,0	3.873,20	11.198,70	> 16.000	1.100,0	16.000,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,14	0,05	0,28	0,2	0,07	0,3	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,05	0,02	0,19	0,04	0,02	0,07	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,37	0,04	1,65	2,3	0,005	40,7	0,066	0,03	0,056
Mercúrio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,005	0,004	0,011	0,006	0,004	0,055	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,43	0,06	1,16	0,42	0,004	0,66	0,38	0,28	0,42
Nitrito	mg/L	1	0,007	0,003	0,012	0,15	0,002	0,58	<0,006	<0,006	0,009
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	8,17	7,50	9,50	8,02	7,5	9,0	5,33	4,57	7,78
pH	-	6,0-9,0	6,77	6,10	7,80	7,0	6,2	7,4	8,08	8,14	7,89
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	43,76	28,00	96,00	110,6	36	460	33	66	68
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	87,41	2,00	1.088,0	2156,7	11	28.920,0	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,47	17,70	27,80	23,2	19,5	25,4	25,0	26,0	23,0
Turbidez	NTU	100	63,68	1,80	744,0	3.647,60	15,2	32.848,0	24,0	7,0	11,0
Vazão	-	-	-	-	-	-	-	-	12,66	10,86	11,32
Zinco total	mg/L	0,18	0,03	0,02	0,06	0,04	0,02	0,44	0,025	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.10 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 03 e 04).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RCA 03			RCA 04		
			11-ago-17 08:40	13-set-17 09:59	9-out-17 11:40	11-ago-17 16:02	15-set-17 10:32	10-out-17 09:55
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	0,073	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	77,0	109,0	117,0	79,0	113,0	121,0
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	3,07	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	68,0	2.800,0	390,0	68,0	16.000,0	220,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,045	0,039	0,045	0,05	0,04	0,055
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,38	0,29	0,35	0,4	0,3	0,47
Nitrito	mg/L	1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	4,26	3,91	6,07	4,51	2,75	5,42
pH	-	6,0-9,0	7,84	7,85	8,03	7,85	7,89	7,88
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	56,0	36,0	66,0	56,0	35,0	64,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	13	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	20,0	21,0	25,0	22,0	22,0	24,68
Turbidez	NTU	100	17,0	12,0	11,0	33,0	10,0	10,8
Vazão	-	-	13,66	11,26	11,9	16,13	11,23	8,14
Zinco total	mg/L	0,18	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.11 - Dados de qualidade de água superficial do rio do Carmo- Trecho 1 (RCA 05 e 06).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RCA 05			RCA 06		
			14-ago-17 16:40	18-set-17 09:27	10-out-17 12:05	14-ago-17 11:00	18-set-17 12:36	11-out-17 12:10
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	79,0	168,0	121,0	77,0	165,0	121,0
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	330,0	330,0	170,0	390,0	330,0	20,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,043	0,033	0,044	0,048	0,045	0,051
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,49	0,34	0,39	0,48	0,31	0,33
Nitrito	mg/L	1	0,07	<0,006	<0,006	0,074	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	4,61	1,93	4,63	3,91	3,96	4,39
pH	-	6,0-9,0	7,98	7,99	8,0	7,94	8,16	8,10
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	40,0	106,0	80,0	63,0	106,0	55,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,0	24,0	26,0	22,0	24,0	27,19
Turbidez	NTU	100	23,0	13,0	11,0	25,0	13,0	11,7
Vazão	-	-	13,82	7,4	9,57	15,52	10,18	10,7
Zinco total	mg/L	0,18	<0,010	<0,010	<0,010	0,036	0,035	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.12 - Dados de qualidade de água superficial do rio Piranga- Trecho 1 (RPG 01).

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	IGAM RD013 - Pré Rompimento e coincidente RPG 01			IGAM RD013 - Pós Rompimento e coincidente RPG 01			RPG 01		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	15-ago-17 12:30	19-set-17 15:40	16-out-17 09:55
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,106	0,10	0,188	0,1	0,1	0,1	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,0009	0,0003	0,01	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,006	0,005	0,019	0,005	0,005	0,005	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobactérias	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	81.64	81.64	489.84
Clorofila a	µg/L	30	1,70	0,006	15,22	1,09	0,401	2,40	<0,75	0,86	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,004	0,004	0,021	0,004	0,004	0,004	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	41,95	29,2	73,5	49,7	31,8	61,2	50,00	56,00	69
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,45	1,96	19,0	2	2	2	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	17.734,7	3.500,0	48.844,0	20.370,20	3.448	30.759	1.300,0	390,00	> 16.000,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,25	0,08	0,5	0,34	0,339	0,341	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,08	0,01	0,63	0,11	0,02	0,54	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,08	0,02	0,33	0,069	0,011	0,126	0,02	0,03	0,027
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,02	0,004	0,52	0,004	0,004	0,004	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,44	0,007	2,92	0,61	0,9	0,9	0,56	0,38	0,54
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,003	0,29	0,007	0,009	0,009	0,08	0,01	0,127
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,78	4,6	9,8	7,98	7,5	8,9	4,33	2,52	2,24
pH	-	6,0-9,0	6,94	6,0	7,7	7,1	6,1	7,7	7,56	7,50	7,41
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	44,67	25,0	80,0	64,6	27	148	50,00	39,00	49
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	42,25	1,0	434,0	82,17	4	540	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	0,01	0,01	0,01	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,95	15,0	30,0	25,38	20,7	28,7	21,00	25,00	26,38
Turbidez	NTU	100	49,43	2,26	513,0	97,9	1,63	616	2,00	5,00	3,86
Vazão	-	-	-	-	-	-	-	-	18,00	*	10,94
Zinco total	mg/L	0,18	0,05	0,01	0,33	0,04	0,03	0,04	<0,010	0,02	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

*Devido a perda do equipamento da empresa responsável pela realização da amostragem de descarga líquida (vazão), não foi possível obter o dado de vazão deste ponto em setembro/17.

Tabela 5.13 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce - Trecho 1

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	IGAM RD072 - Pré Rompimento e coincidente com RDO 01			IGAM RD072 Pós Rompimento e coincidente com RDO 01			RDO 01		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	16-ago-17	19-set-17	16-out-17
									08:40	08:32	14:25
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,11	0,10	0,17	0,24	0,05	2,39	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,003	0,0003	0,024	0,001	0,001	0,003	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,006	0,005	0,014	0,01	0,005	0,06	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	<1.00	<1.00	<1.00
Clorofila a	µg/L	30	1,70	0,006	14,54	2,08	0,46	6,01	<0,75	0,76	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,004	0,004	0,005	0,004	0,004	0,03	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	51,03	33,90	73,90	64,33	47,6	79,6	68	128	95
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,00	2,00	2,10	2,06	2	2,8	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	3.743,7	330,0	14.012,0	10.271,91	1.106,10	34.480	2.200	16.000	5.400
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,19	0,07	0,54	0,2	0,16	0,30	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,06	0,02	0,22	0,1	0,02	0,19	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,20	0,03	1,52	1,89	0,04	15,01	0,039	0,038	0,032
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	0,01	0,004	0,02	0,006	0,004	0,02	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,64	0,10	1,49	0,6	0,5	0,9	0,64	0,47	0,7
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,00	0,04	0,018	0,013	0,027	0,089	0,009	0,019
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	8,06	6,80	9,50	8,1	7,7	9,3	7,0	2,19	3,96
pH	-	6,0-9,0	6,85	5,90	7,70	7,06	6,2	7,7	8,0	7,58	7,96
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	47,08	28,00	74,00	120,96	30,0	380,0	40,0	66,0	68,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	68,58	2,00	894,00	3.090,0	6,0	112.280,0	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,05	18,10	29,00	24,7	18,9	26,6	21,0	22,0	27,29
Turbidez	NTU	100	55,96	0,50	604,00	10.569,0	10,2	435.400,0	20,0	11,0	6,1
Vazão	-	-	-	-	-	-	-	-	36,63	*	26,63
Zinco total	mg/L	0,18	0,03	0,02	0,07	0,03	0,02	0,54	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017

*Devido a perda do equipamento da empresa responsável pela realização da amostragem de descarga líquida (vazão), não foi possível obter o dado de vazão deste ponto em setembro/17.

Córrego Santarém (Vertedouro Dique S3 e Dique S4): No mês de agosto não foi possível realizar as coletas nestes pontos, pois a empresa não estava mobilizada para realizar atividades dentro da Samarco. Estes pontos tem acesso restrito internamente à área da Samarco. Na campanha realizada em setembro/17 o único parâmetro que apresentou valor em desacordo com a legislação ambiental vigente foi a *E. coli* no vertedouro do Dique S3 com 2.200 NMP/100 ml em setembro/17. Aparentemente nesta região do Dique S3 não existe fonte de contaminação por esgoto sanitário, por se tratar de uma área industrial. Possivelmente essa bactéria identificada pode estar relacionada com fezes de animais de sangue quente, como cavalos e boi já observados no local, ou possível contaminação desta amostra. Já no mês de outubro/17 todos os parâmetros apresentaram enquadramento.

Rio Gualaxo do Norte: Os parâmetros acima do VMP (Valores Máximos Permitidos) e relevantes para a avaliação da qualidade de água superficial apresentam incoerência com os dados do IGAM pós rompimento da barragem de Fundão, sendo que o IGAM apresenta valores mais elevados para alumínio dissolvido, manganês total, *E. coli*, mercúrio total, sólidos suspensos totais e turbidez. Não foi possível fazer essa avaliação com dados do IGAM pré rompimento, devido a inexistência desses dados. Os parâmetros citados anteriormente apresentaram diferença para o PMQQS nos meses de agosto, setembro e outubro, foram consistentemente menores do que os apresentados pelo IGAM pós rompimento. Além desses elementos, cita-se os seguintes metais: chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, mercúrio e níquel total que apresentaram concentrações acima do VMP com base nos dados da máxima do IGAM, pós rompimento, e que nas campanhas de agosto, setembro e outubro não foram detectados ou, quando reportados, as concentrações foram bem menores aos registrados no monitoramento do IGAM. Cabe ressaltar que estes dados são baseados no período pós rompimento, portanto, não é possível concluir quanto à uma qualidade de água prévia ao rompimento.

Para o oxigênio dissolvido as concentrações foram de 3,62 a 5,0 mg/L no rio Gualaxo do Norte (Trecho 1) enquanto que nos dados do IGAM os valores na estação RD011 variaram entre 7,1 a 9,1 mg/L. Esses valores de oxigênio dissolvido abaixo do VMP (<5,0 mg/L) ocorreram nas três campanhas de monitoramento aqui avaliadas. Ressalta-se ainda que esse valor mínimo de OD registrado (3,62 mg/L) ocorreu no mês de outubro/17 na estação RGN 01,

sendo esta localizada a montante das influências do rompimento da barragem. Em relação aos sólidos dissolvidos totais que tem VMP de 500 mg/L, os dados no rio Gualaxo do Norte ficaram entre 23 a 68 mg/L enquanto que os dados do IGAM na estação RD0 11 (coincidente RGN 08 PMQQS) oscilaram entre 24,0 a 250,0 mg/L. Os sólidos suspensos que possuem VMP de 100 mg/L, apresentaram concentrações entre menor que 10 mg/L a 100 mg/L no rio Gualaxo do Norte, enquanto que os dados do IGAM ficaram entre 13 mg/L e 53.760,0 mg/L. Concentrações de sólidos suspensos menores que o limite de quantificação do método analítico empregado (< 10 mg/L) ocorreram em 70% do total de dados avaliados no presente relatório trimestral do PMQQS nos pontos localizados no Gualaxo do Norte. A concentração de 100 mg/L foi registrada apenas em uma campanha, sendo esta na campanha de agosto/17 no RGN 04.

O parâmetro turbidez apresentou um único valor maior que o VMP, no rio Gualaxo do Norte, no ponto de monitoramento RGN 05, sendo o valor de 182 NTU, na campanha de monitoramento em agosto/17. Ao mesmo tempo, os dados do IGAM chegaram a valores bem mais elevados apresentando um valor mínimo de 40,90 NTU e um valor máximo de 32.510 NTU. Valores de turbidez bem elevados foram observados no período logo após o rompimento da barragem e o mesmo não vem ocorrendo, com base nos dados mais atuais.

O único parâmetro que ficou acima do VMP, no rio Gualaxo do Norte, na grande parte dos pontos de monitoramento e que merece destaque, é o manganês total. Com base nos dados do IGAM, o manganês total chegou a apresentar valor máximo de 103,80 mg/L após rompimento da barragem. No ponto RGN 04, esse parâmetro chegou a quase três vezes o VMP, apresentando um valor de 0,28 mg/L na campanha realizada em agosto/17. Contudo, nos demais pontos, o manganês total está ou próximo do VMP ou abaixo deste. Importante salientar que o parâmetro manganês dissolvido apresentou concentrações inferiores a 0,10 mg/L, comprovando então que valores mais elevados de manganês total estão associados a partículas em suspensão e não ao metal dissolvido em solução.

Os demais parâmetros apresentados no quadro apresentam em geral um padrão bom de qualidade de água, que pode ser comprovado pelos valores baixos de sólidos dissolvidos totais e condutividade elétrica, além de concentrações próximas ao valor esperado para oxigênio dissolvido e resultados dentro da faixa esperada de pH (i.e., pH entre 6 e 8). O oxigênio dissolvido, apesar de apresentar alguns dados abaixo do valor mínimo permitido da legislação,

nos pontos em que as concentrações encontradas foram de 4,0 mg/L, ainda podem ser consideradas como águas de boa qualidade para o desenvolvimento da biota aquática, conforme já mencionado anteriormente.

Rio do Carmo: Praticamente todos os dados dos parâmetros relevantes para a avaliação do impacto ambiental do rompimento da barragem de rejeito apresentaram valores menores que o VMP do CONAMA 357/05 e DN COPAM 01/08, para corpos hídricos classe 2 monitorados no PMQQS nas campanhas de agosto, setembro e outubro, com a exceção dos parâmetros oxigênio dissolvido e *E.coli*. O parâmetro oxigênio dissolvido apresentou concentrações menores no PMQQS do que nos dados do IGAM, mas ainda dentro de uma faixa razoável de concentração de 3,0 a 8,0 mg/L e um valor médio de 4,6 mg/L. O parâmetro *E. coli* no PMQQS apresentou elevadas concentrações em três pontos no rio do Carmo (RCA 02, 03 e 04), com valores acima de 16.000 NMP/100mL. Essas concentrações são elevadas tanto nos dados do IGAM, pré rompimento quanto no pós, sendo reflexo de um possível aporte de esgotos sanitários a montante desse ponto, oriundas do Gualaxo do Norte, uma vez que esse ponto está localizado após a confluência com esse rio, e também oriundas da sede do município de Barra Longa, em que há lançamento de esgotos sem tratamento diretamente no rio do Carmo. Logo após a confluência com o Gualaxo.

Um parâmetro monitorado pelo PMQQS e que ficou um pouco acima da faixa de valores mínimos e máximos do IGAM, foi a condutividade elétrica. Esse parâmetro oscilou entre os pontos monitorados na faixa de 76 a 168 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e os valores mínimo e máximo pré evento registrados pelo IGAM, foram de 31,70 a 84,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e pós evento foram de 59,87 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 96 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Contudo, tanto a faixa de valores de condutividade elétrica obtida pelo PMQQS assim como os valores obtidos pelo IGAM podem ser classificados como normais para drenagens continentais (Hem, J., 1985). Esse comportamento de aumento da condutividade ao longo dos meses, também foi notado nas medições das estações automáticas, em geral, com o avanço da estação seca que diminui o volume de águas de drenagens aumentando a quantidade de íons na solução.

A turbidez apresentou nas campanhas de agosto, setembro e outubro, valores de 2,0 a 33,0 NTU, sendo esses valores menores que os valores obtidos na série histórica do IGAM,

antes do rompimento. Esse ponto chegou a apresentar uma turbidez média de 3.647,60 NTU e valor máximo de 32.848 NTU, no período pós rompimento.

Os dados do rio do Carmo, monitorados nos meses de agosto, setembro e outubro de 2017, em geral, apresentam uma boa qualidade de água, somente apresentando o oxigênio dissolvido, em alguns pontos, abaixo do valor mínimo permitido e elevada concentração de *E. coli* nos pontos RCA 02, RCA 03 e RCA 04.

Rio Piranga: O ponto de monitoramento no rio Piranga (RPG 01), fica fora das áreas diretamente impactadas pelo rejeito. Essa drenagem é um afluente da margem direita do rio Doce que passa pela cidade de Ponte Nova. Os dados analisados como parâmetros de relevância do rio Piranga, para avaliação do impacto do rompimento da barragem de rejeito no rio Doce, apresentam coerência com os dados do IGAM, pré e pós rompimento, isso porque este ponto monitorado não foi afetado pelos rejeitos do rompimento da barragem. Em geral todos os parâmetros ficaram abaixo do valor máximo permitido (VMP). Os únicos parâmetros da coleta de agosto, setembro e outubro do PMQSS, que apresentaram valores fora do permitido, foram o oxigênio dissolvido, que ficou com concentração de 2,24 mg/L a 4,0 mg/L e *E. coli* com uma concentração de 1.300 NMP/100 mL até concentração maior que 16.000 NMP/100mL. Esse último parâmetro já vem apresentando elevadas concentrações, antes e depois do rompimento da barragem e estão relacionadas ao lançamento de esgotos domésticos da região, a montante do município de Ponte Nova.

Rio Doce: O único ponto do rio Doce que está localizado no trecho 1 é o RDO 01, após confluência do rio Gualaxo do Norte e o rio Piranga. Esse ponto está situado a algumas dezenas de quilômetros a montante do barramento da hidroelétrica Risoleta Neves (UHE). Em relação aos dados do IGAM pré e pós rompimento, a amostra coletada das campanhas de agosto/17, setembro/17 e outubro/17 do PMQSS, demonstra que as drenagens se encontram com um padrão de qualidade muito próximo daquele observado pelo IGAM antes do rompimento da barragem. A turbidez coletada em outubro apresentou concentração mínima de 6,1 NTU e máxima de 20,0 NTU em agosto, valores esses menores que a média registrada pelo IGAM, pré rompimento (55 NTU). Estes valores estão também coerentes com os valores medidos na estação automática que durante a maior parte do tempo ficou abaixo de 25 NTU, durante todo o período avaliado. A concentração de sólidos totais dissolvidos de 68 mg/L, da campanha de

outubro/17 foi a mais elevada comparada com agosto e setembro e está abaixo da média desse parâmetro reportado pelo IGAM, que foi de 120,96 mg/L (pós rompimento) e um pouco acima do valor pré rompimento, que foi de 47,0 mg/L. O parâmetro *E. coli* está acima dos limites legais, nas campanhas de agosto, setembro e outubro e o mesmo ocorre com base nos dados históricos do IGAM.

Através dos dados do IGAM e dos 3 primeiros resultados da campanha trimestral do PMQQS, observa-se, de modo geral, recuperação muito boa das drenagens impactadas pelo rompimento da barragem, principalmente para os parâmetros relacionados ao rejeito de minério de ferro: Fe, Al e Mn assim como turbidez e sólidos suspensos totais. Isso significa que as ações de recuperação da bacia trouxeram bons resultados, em termos de parâmetros físico-químicos inorgânicos de qualidade de água.

5.2.2 Trecho 2

O Trecho 2 corresponde ao trecho da UHE Risoleta Neves (Candonga) até a UHE Baguari. Nesse trecho, além do rio Doce, são monitorados o rio Matipó, afluente de margem esquerda, o rio Piracicaba e o rio Santo Antônio, ambos afluentes de margem direita, totalizando dez estações de amostragens. A seguir são apresentadas as tabelas dos resultados das campanhas de monitoramento realizadas em agosto, setembro e outubro de 2017 (Tabela 5.14 a 5.19). Os dados estão agrupados por rio e o comparativo destes com os resultados de monitoramento do IGAM, em estações coincidentes, também foi realizado. As tabelas apresentam os resultados do monitoramento do IGAM, considerando a média, o mínimo e o máximo, juntamente com os resultados das campanhas de agosto, setembro e outubro de 2017, sendo comparados aos limites legais da DN COPAM 01/08, águas classe 2.

Tabela 5.14 – Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO 03) - Trecho 2.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	IGAM RD019 Pré Rompimento e coincidente RDO03			IGAM RD019 Pós Rompimento e coincidente com RDO03			RDO 03		
			Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	23-ago-17 11:50	20-set-17 10:05	17-out-17 10:40
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,1	2,90	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,001	0,0003	0,0136	0,002	0,001	0,009	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,005	0,029	0,01	0,005	0,22	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	<1,00	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	3,43	0,006	37,08	1,0	0,006	2,67	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,01	0,004	0,411	0,014	0,004	0,675	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	47,73	31,00	74,1	77,08	43,41	312,3	70,0	103,0	91,0
Cromo total	mg/L	0,05	0,042	0,04	0,07	0,04	0,04	0,07	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,09	2	4	<2	<2	<2	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	694,87	10	11.000,0	2.991,0	383,9	9.803,9	170	230	700
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,16	0,04	0,488	0,95	0,07	18,73	0,104	<0,100	0,709
Fósforo total	mg/L	0,1	0,06	0,01	0,35	0,18	0,03	0,5	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,16	0,012	1,205	1,7	0,08	32,3	0,081	0,088	0,083
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	0,01	0,004	0,028	0,007	0,004	0,10	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,50	0,02	1,74	0,87	0,48	2,76	0,61	0,32	0,47
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,002	0,013	0,01	0,01	0,01	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,58	6,5	8,9	7,38	0,5	9,0	4,67	4,07	3,64
pH	-	6,0-9,0	6,95	6,17	7,7	7,10	5,8	7,9	7,67	7,53	7,74
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	45,62	29,0	84,0	141,89	40,0	390,0	60,0	71,0	54,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	44,73	2,0	273,0	4.824,1	40,0	221.110,0	29,0	15,0	17,0
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,52	19,5	31,2	25,2	19,7	29,3	22,0	24,0	26,63
Turbidez	NTU	100	51,42	2,71	318,0	12.678,6	31,0	597.400,0	21,0	106,0	33,6
Vazão	m³/s	-	-	-	-	-	-	-	32,60	24,78	26,47
Zinco total	mg/L	0,18	0,03	0,01	0,16	0,03	0,02	0,06	<0,010	0,049	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.15 – Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO 04 e 05) - Trecho 2.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	IGAM RD033 Pré Rompimento e RDO05 e coincidente			Pós Rompimento RDO05 (Coincidente IGAM RD033)			RDO 04			RDO 05		
			Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	17-ago-17	21-set-17	18-out-17	18-ago-17	25-set-17	19-out-17
									11:28	14:30	13:55	11:00	13:10	16:58
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	-	-	-	0,78	0,047	32,2	<0,050	<0,050	0,054	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,00	0,0003	0,01	0,004	0,001	0,11	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,00	0,0005	0,0015	0,001	0,001	0,016	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,005	0,031	0,04	0,005	1,5	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	408,2	224,51	< 1,00	130,62	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	3,62	0,006	20,05	0,93	0,27	2,67	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,00	0,004	0,021	0,005	0,004	0,03	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	78,24	39,0	168	114,39	50,8	306	64,0	80,0	84,0	179,0	185,0	339,0
Cromo total	mg/L	0,05	0,0425	0,04	0,07	0,09	0,04	2,9	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,27	2,0	5,8	2,28	2,0	5,4	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	10.357,6	2.200,0	35.000,0	21.733,4	5.172,1	48.844,0	<18	110	1100	2800	16000	330
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,16	0,0403	0,39	1,3	0,04	32,26	<0,100	<0,100	0,164	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,08	0,02	0,32	0,14	0,03	0,5	<0,015	<0,015	<0,015	0,025	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,16	0,018	0,602	16,14	0,04	857	0,049	0,062	0,056	0,047	0,051	0,052
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,01	0,004	0,023	0,04	0,004	2,13	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,74	0,01	3,2	1,17	0,6	1,89	0,62	0,38	0,46	1,1	0,76	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,03	0,004	0,54	0,022	0,02	0,03	<0,006	<0,006	0,065	0,02	<0,006	0,054
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	8,19	5,6	10,3	7,4	0,5	9,0	5,98	4,10	5,06	5,24	3,77	5,67
pH	-	6,0-9,0	6,86	6,0	7,5	7,06	5,9	7,6	7,82	7,60	8,2	7,56	7,72	7,65
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	64,95	30,0	108,0	157,7	50,0	630,0	34,0	40,0	38	99,0	108,0	153,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	59,29	2,0	678,0	5.307,1	16,0	204.230,0	<10	20	<10	<10	15	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,03	18,5	30,3	25,9	22,4	29,6	23	27	27,43	23	26	29,09
Turbidez	NTU	100	67,29	2,29	955,0	16.686,6	22,4	497.500,0	52	6	22,3	102	29	23,4
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	44,64	*	33,06	64,41	44,01	42,55
Zinco total	mg/L	0,18	0,04	0,01	0,17	0,025	0,02	0,047	<0,010	<0,010	<0,010	0,016	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

*Devido a perda do equipamento da empresa responsável pela realização da amostragem de descarga líquida (vazão), não foi possível obter o dado de vazão deste ponto em setembro/17.

Tabela 5.16 – Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO 06) - Trecho 2.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	IGAM RD083 Pré Rompimento coincidente com RDO06			IGAM RD083 Pós Rompimento e coincidente com RDO06			RDO 06		
			Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	22-ago-17 10:20	22-set-17 09:00	20-out-17 10:01
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,1009	0,1	0,127	0,37	0,06	2,53	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,002	0,0003	0,001	0,003	0,001	0,014	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,005	0,0186	0,02	0,005	0,13	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	163,28	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	4,66	0,006	42,01	2,08	0,01	5,64	1,6	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,004	0,004	0,004	0,006	0,004	0,11	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	64,23	33,7	125	95,61	33,5	247,7	126	141	155
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,07	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	11,83	5,0	35,0	2,1	2,0	3,7	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	765,89	10,0	6.300,0	1.990,3	354,0	9.208,4	330,0	<18	170
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,14	0,05	0,381	0,8	0,1	4,6	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,04	0,02	0,18	0,08	0,02	0,35	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,06	0,0217	0,266	1,57	0,02	21,85	0,022	0,022	0,038
Mercúrio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	0,007	0,004	0,014	0,009	0,004	0,07	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,78	0,02	1,96	0,96	0,5	1,86	0,83	0,64	0,71
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,004	0,012	0,01	0,01	0,01	<0,006	<0,006	0,037
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,68	6,4	10,2	5,9	0,5	8,5	4,71	5,17	5,13
pH	-	6,0-9,0	6,81	5,9	8,3	7,04	5,8	8,5	7,52	7,74	7,95
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	55,45	39	92	131,44	40,0	430,0	29,0	88,0	106
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	29,53	2,0	451	929,51	3,0	8.760	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	26,39	21,5	31,5	26,5	23,9	29,9	23,0	26,0	28,12
Turbidez	NTU	100	41,85	2,78	537,0	3.070,7	11,6	21.480,0	15,0	22,0	12,1
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	79,56	73,48	64,74
Zinco total	mg/L	0,18	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,26	<0,010	0,016	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017

Tabela 5.17 – Dados de qualidade de água superficial do rio Matipó (RMA 01) - Trecho 2.

Parâmetros	Unidade	DN COPAM 01/08- Água Doce- Classe II	Pré Rompimento RMA 01 (Coincidente IGAM RD021)			Pós Rompimento RMA 01 (Coincidente IGAM RD021)			RMA 01		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	16-ago-17	21-set-17	17-out-17
									16:00	09:20	16:33
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,11	0,1	0,19	0,13	0,1	0,16	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0	0	0,002	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	50.000	-	-	-	-	-	-	244,92	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	7,3	2,13	57,7	3,61	0,54	8,81	<0,75	1,5	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,005	0,004	0,035	0,004	0,004	0,004	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade Elétrica	µS/cm	-	39,81	27,4	99,7	95,57	50,8	220,7	47,0	49,0	50,0
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,07	0,04	0,04	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	5	2,49	1,61	7,0	2,27	2,0	3,2	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	24.724,70	4.600,0	54.750,0	39.513,93	24.195,70	57.943,0	9.200,00	16.000,00	16.000,00
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,17	0,04	0,5	0,79	0,04	7,13	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,04	0,01	0,24	0,05	0,03	0,12	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,04	0,02	0,08	0,03	0,02	0,05	0,018	0,033	0,043
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel Total	mg/L	0,025	0,005	0,004	0,012	0,004	0,004	0,004	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,33	0,01	0,85	0,84	0,27	1,86	0,44	0,22	0,23
Nítrito	mg/L	1	-	-	-	0,004	0,002	0,005	0,074	<0,006	0,023
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,82	6,0	9,6	7,11	3,5	9,3	4,72	3,58	4,34
pH	-	6,0-9,0	6,9	6,07	7,68	7,09	5,9	8,9	7,83	7,49	7,90
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	40,32	26,0	72,0	60,67	47,0	81,0	25,0	37,0	35,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	14,69	1,0	67,0	10,0	6,0	13,0	<10	11	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,85	15,0	34,5	25,72	21,6	27,7	21,0	23,0	25,0
Turbidez	NTU	100	22,76	1,04	120,0	12,54	2,93	25,6	23,0	6,0	5,0
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	3,39	4,03	2,98
Zinco Total	mg/L	0,18	0,03	0,01	0,12	0,03	0,02	0,05	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017

Tabela 5.18 – Dados de qualidade de água superficial do rio Piracicaba (RPC 01) - Trecho 2

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RPC 01*		RPC 02			RPC 03		
			27-set-17 15:38	23-out-17 10:05	24-ago-17 09:40	27-set-17 09:12	3-out-17 10:10	17-ago-17 18:20	25-set-17 09:13	18-out-17 09:28
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL		<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	40,82	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	5,00	3,76	35,00	40,00	35	84,00	86,00	80
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	20,00	68	2.800,00	78,00	<18	16.000,00	16.000,00	220
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	0,03	<0,015	<0,015	0,03	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,05	0,055	0,02	0,03	0,02	0,06	0,05	0,063
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,20	0,18	0,37	0,31	0,28	0,88	0,81	0,88
Nitrito	mg/L	1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,09	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,11	5,10	4,55	4,38	3,08	4,54	2,52	4,08
pH	-	6,0-9,0	6,08	6,24	7,55	7,54	7,56	7,57	7,53	7,50
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	10,0	10,0	13,00	31,00	35	59,00	61,00	56
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	22,00	21,88	18,00	22,00	21,88	21,00	23,00	26,01
Turbidez	NTU	100	3,00	2,27	5,00	3,00	3,92	12,00	3,00	13,3
Vazão	m ³ /s	-	-	-	0,81	0,71	0,66	17,99	12,55	11,38
Zinco total	mg/L	0,18	0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,02	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

*No mês de agosto não foi possível realizar a coleta neste ponto RPC01, pois a empresa não estava mobilizada para realizar atividades dentro da Samarco. Este ponto tem acesso restrito internamente à área da Samarco.

Tabela 5.19 – Dados de qualidade de água superficial do rio Santo Antônio (RSA 01) - Trecho 2.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RSA 01 (Coincidente IGAM RD039)			Pós Rompimento RSA 01 (Coincidente IGAM RD039)			RSA 01		
			Méd	Min	Máx	Méd	Min	Máx	21-ago-17	22-set-17	19-out-17
									11:20	08:38	09:25
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,12	0,1	0,335	0,10	0,10	0,10	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,001	0,0003	0,01	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,005	0,021	0,006	0,005	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	1,71	0,006	13,73	1,48	0,13	3,8	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,005	0,004	0,02	0,004	0,004	0,004	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	28,59	17,9	46,2	32,69	20,6	41,1	35	34	38
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,07	0,04	0,04	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,09	1,46	4	2,13	2,0	2,8	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	635	31	3.300	665,6	86,0	2.045,9	<18	490	330
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,18	0,03	0,573	0,22	0,0448	0,573	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,05	0,01	0,48	0,06	0,02	0,16	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,05	0,003	0,183	0,05	0,02	0,163	0,024	0,042	0,022
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	0,01	0,004	0,0208	0,004	0,004	0,004	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,20	0,002	0,79	0,52	0,32	0,82	0,18	0,15	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,001	0,16	-	-	-	<0,006	<0,006	0,023
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,67	6,3	9,6	7,67	7,1	8,6	4,91	4,27	54,57
pH	-	6,0-9,0	6,69	5,5	7,79	6,72	6,3	7,4	7,56	7,49	6,93
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	36,93	16	72	39,0	26,0	49,0	29	24	32
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	41,19	2	365	32,3	7,0	151	<10	13	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,89	19,4	30	27,367	24,2	30,0	24	23	28,12
Turbidez	NTU	100	52,86	1,97	474	35,342	1,97	171,0	3	14	12,1
Vazão	m³/s	-	-	-	-	-	-	-	12,12	42,22	12,54
Zinco total	mg/L	0,18	0,03	0,01	0,11	0,033	0,02	0,0603	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Rio Doce: Neste trecho do rio Doce, foram amostradas quatro estações de monitoramento, sendo que três delas são coincidentes com as estações do monitoramento realizado pelo IGAM, pré e pós rompimento da barragem (RD019, RD033 e RD083).

A estação de monitoramento RDO03, localizada no município de São José do Goiabal/MG, não apresentou nenhum parâmetro acima dos limites legais, conforme a DN COPAM 01/08, classe 2, na campanha realizada em agosto. Já em setembro e outubro, verificou-se apenas o oxigênio dissolvido, turbidez e o ferro dissolvido em desacordo com os limites legais. Em contrapartida para o ponto RD019, monitorado pelo IGAM e com localização coincidente ao ponto RDO03, foram registradas algumas ocorrências acima dos limites legais, pós rompimento da barragem, para diversos parâmetros: alumínio dissolvido, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, DBO, *E. coli*, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, níquel total, sólidos suspensos totais e turbidez.

Ademais, ainda em relação a série histórica do IGAM, observa-se que os parâmetros sólidos suspensos totais e turbidez, relevantes para este trabalho, apresentaram concentrações acima do limite legal, pré e pós rompimento, registrando um elevado aumento após o rompimento. Contudo vale destacar que nas campanhas de agosto, setembro e outubro/17, dos dados coletados para esse relatório, a redução, tanto dos sólidos suspensos como da turbidez e o atendimento da legislação, como dito anteriormente, demonstra uma melhora em relação a estes parâmetros, neste trecho do rio Doce.

A estação de monitoramento RDO 04, está localizada no município de Timóteo/MG e é a única estação do Trecho 2 que não possui ponto de monitoramento do IGAM coincidente, não sendo possível avaliar a qualidade, pré e pós rompimento. Na Tabela 5.16 são apresentados os dados do monitoramento realizados em agosto, setembro e outubro/17, destacando que praticamente todos os parâmetros avaliados se apresentaram conforme aos limites legais estabelecidos na DN COPAM 01/08, águas classe 2, com exceção apenas do oxigênio dissolvido na campanha de setembro/17 e *E.coli* em outubro/17. Ressalta-se também que o parâmetro sólidos suspensos totais, além de estar abaixo do seu limite legal, apresentou-se de modo geral também abaixo do limite de quantificação do método de análise ($< 10,0$ mg/L).

A estação de monitoramento RDO05, localizada no município de Santana do Paraíso/MG, apresentou os parâmetros turbidez, oxigênio dissolvido e *E. coli* acima dos limites

legais, conforme o estabelecido na DN COPAM 01/08, classe 2, nas campanhas realizadas em agosto, setembro e outubro/17. Por outro lado, a estação RDO33, monitorada pelo IGAM e coincidente a este ponto, apresentou alguns metais traço (alumínio dissolvido, cádmio total, chumbo total, cromo total, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e mercúrio total), *E. coli*, fósforo total, turbidez, sólidos suspensos e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) acima dos seus respectivos limites legais conforme pode ser visualizado na Tabela 5.16 nas campanhas realizadas pós rompimento.

Dentre os parâmetros avaliados mais relevantes para este trabalho, destaca-se sólidos suspensos, que apresentou altas concentrações após o rompimento (média = 5.307,1 mg/L), e agora com registro de significativa redução no resultado obtido para a campanha de agosto/17 (< 10,0 mg/L).

Em relação ao parâmetro turbidez, apesar de apresentar-se fora do limite legal na campanha de agosto/17, observa-se também redução em relação aos valores obtidos pré rompimento.

Quanto ao parâmetro metais traços, nos quais foram registradas apenas concentrações acima do limite legal, no monitoramento do IGAM (pré e pós rompimento), faz-se necessária a obtenção de mais dados de monitoramento (PMQQS), para melhor avaliação de suas concentrações, neste trecho do rio Doce, especialmente quando do período de chuvas.

A estação de monitoramento RDO06 (Tabela 5.17), última estação do **Trecho 2** no rio Doce, está localizada no município de Fernandes Tourinho/MG, a montante da UHE Baguari. Ela também apresentou todos os parâmetros avaliados nas campanhas de monitoramento realizadas em agosto, setembro e outubro/17, abaixo dos seus respectivos limites legais.

Observa-se nas Tabelas 5.15, 16 e 17 que, considerando todos os pontos do rio Doce localizados nos trechos 1 e 2, os parâmetros metais traço (alumínio dissolvido, ferro dissolvido, arsênio total, cádmio total, chumbo total, cromo total, manganês total, níquel total e zinco total), sólidos suspensos e turbidez apresentaram resultados acima dos seus respectivos limites legais, nas campanhas de monitoramento do IGAM, realizadas pré e pós rompimento da barragem. Contudo, nos dados do PMQQS das 3 campanhas aqui avaliadas, pode-se verificar que apenas os parâmetros turbidez, *E. coli*, oxigênio dissolvido e ferro dissolvido apresentaram concentrações acima do limite da DN COPAM 01/08, para águas classe 2.

No **rio Matipó**, foi amostrada uma estação de monitoramento denominada de RMA01, coincidente à estação de monitoramento do IGAM RD021, localizada na cidade Raul Soares. Esta estação está localizada em um rio que não foi afetado pelo rompimento da barragem. Na Tabela 5.18 anterior, observa-se que de modo geral os parâmetros avaliados na campanha de agosto, setembro e outubro/17, apresentam-se conforme os limites legais estipulados na DN COPAM 01/08, águas classe 2, com exceção do parâmetro *E.coli* e oxigênio dissolvido. Observa-se também que os parâmetros ferro dissolvido e fósforo total, apresentam-se acima da referida legislação, em ambos os períodos monitorados (pré e pós rompimento) nos dados registrados pelo monitoramento do IGAM (RD021). Além destes, registraram-se concentrações acima de seus limites legais, os parâmetros metais (chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total), cor verdadeira e DBO, apenas no período pré rompimento.

No **rio Piracicaba** estão localizadas três estações de monitoramento RPC01 e RPC02, localizadas em Mariana/MG e RCP03, localizada no município de Timóteo/MG, a montante da confluência com o rio Doce. Estas estações também estão localizadas em um rio que não foi afetado pelo rompimento da barragem. Estas estações não possuem pontos de monitoramentos coincidentes com a rede monitorada pelo IGAM. Desta forma não é possível avaliar a qualidade deste curso de água, pré e pós rompimento da barragem (Tabelas 5.19 a 5.21). Observa-se que de modo geral os parâmetros avaliados, apresentam-se conforme aos limites legais estipulados na DN COPAM 01/08, águas classe 2, com exceção do parâmetro *E.coli* e o oxigênio dissolvido nos pontos RPC 02 e RPC 03. Ressalta-se também que, o parâmetro sólidos suspensos totais além de estar conforme com seu limite legal, apresentou-se também abaixo do limite de quantificação do método de análise ($< 10,0$ mg/L) em ambos os pontos.

No **rio Santo Antônio**, foi amostrada uma estação de monitoramento denominada de RSA01, coincidente a estação de monitoramento do IGAM RD039, localizada na cidade de Naque, logo a montante de sua confluência com o rio Doce. Essa estação está localizada em um rio que não foi afetado pelo rompimento da barragem. Observa-se que todos os parâmetros avaliados nas campanhas de agosto e outubro/17 (Tabela 5.22), apresentaram-se conforme aos limites legais estipulados na DN COPAM 01/08- águas classe 2, e em setembro apenas o oxigênio dissolvido apresentou em desacordo com a referida legislação. Entretanto, pode se observar também, que na estação de monitoramento do IGAM (RD0039), os parâmetros ferro dissolvido, fósforo total, manganês total, mercúrio total, sólidos suspensos totais e turbidez,

apresentaram-se acima da referida legislação no período pré-rompimento. Ademais, foram registradas concentrações acima de seus respectivos limites legais, para os parâmetros chumbo total, *E. coli*, cobre dissolvido, cromo total, cor verdadeira e DBO, no período pré rompimento.

Apesar de violações aos limites legais, ressalta-se que os rios Matipó, Piracicaba e Santo Antônio não foram afetados com os rejeitos do rompimento da barragem. Muitos destes afluentes do rio Doce já sofrem degradações ao longo de anos, pelo uso e ocupação da bacia, e contribuem para carreamento de compostos químicos e sedimentos em geral, para o rio Doce. A mesmo tempo são drenagens que possuem em geral muito boa qualidade de água e contribuem também para a melhoria da qualidade das águas da bacia do rio Doce.

5.2.3 Trecho 3

O Trecho 3 corresponde ao trecho da UHE Baguari até UHE Aimorés. Nesse trecho são monitorados, basicamente, o Rio Doce, Rio Suaçuí, Rio Caratinga e Rio Manhuaçu, localizados nos municípios de Governador Valadares/MG, Tumiritinga/MG, Conselheiro Pena/MG, Resplendor/MG e Aimorés/MG. Os rios Suaçuí, Caratinga e Manhuaçu não foram impactados com os rejeitos do rompimento da barragem, sendo drenagens afluentes do rio Doce e, portanto, contribuidores para o carreamento de compostos químicos e outros sedimentos para o rio Doce.

As tabelas, apresentam os resultados do monitoramento do IGAM, considerando a média, o mínimo e o máximo, juntamente com os resultados das campanhas de agosto, setembro e outubro/17, os dados foram comparados aos limites legais da DN COPAM 01/08, águas classe 2 (Tabela 5.20 a 5.26).

Tabela 5.20 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO07)- Trecho 3.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	RDO 07		
			07-ago-17 09:38	4-set-17 09:10	03-out-17 09:40
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,14	< 0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	< 0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	< 0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	< 0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	< 0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	< 0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	116	102	144
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	< 0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	< 2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	110	78
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,545	< 0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	< 0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,027	0,024	0,022
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	< 0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	< 0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,78	0,57	0,78
Nitrito	mg/L	1	<0,006	< 0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,45	5,7	4,5
pH	-	6,0-9,0	7,3	7,3	7,4
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	77	81	93
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	76	< 10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	< 0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,0	23,3	25,8
Turbidez	NTU	100	36,0	20,4	17,1
Vazão	m ³ /s		87,82	92,851	76,37
Zinco total	mg/L	0,18	0,023	< 0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.21 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO08)- Trecho 3.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	Pré rompimento RD08 (Coincidente IGAM RD044)			Pós rompimento RD08 (Coincidente IGAM RD044)			RDO 08		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	07-ago-17	04-set-17	03-out-17
									15:30	13:00	14:26
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,108	0,1	0,19	0,383	0,041	3,27	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,001	0,0003	0,0037	0,002	0,001	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0015	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,008	0,005	0,056	0,02	0,005	0,42	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	<1,00	222,47
Clorofila a	µg/L	30	4,622	0,006	52,34	1,06	0,006	1,9	<0,75	0,8	0,78
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,004	0,004	0,009	0,005	0,004	0,04	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	63,996	12,8	129	96,3	33,45	247,7	111,0	102,0	139,0
Cromo total	mg/L	0,05	0,042	0,04	0,09	0,05	0,04	0,30	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,071	2	3,1	2,1	<2	3	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	4.970,72	669,5	38.732	16.488,07	3.448	57.943	3.500	3.500	>16.000
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,190	0,0395	0,573	0,68	0,068	3,49	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,060	0,02	0,17	0,18	0,02	0,81	0,026	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,115	0,0187	0,46	1,9	0,02	67,2	0,019	0,019	0,033
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,005	0,0002	0,0003	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,005	0,004	0,01	0,010	0,004	0,22	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,637	0,03	2,04	0,965	0,52	1,59	0,75	0,57	3,7
Nitrito	mg/L	1	0,006	0,003	0,013	0,02	0,01	0,03	<0,006	<0,006	0,011
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,696	5,4	9,8	6,89	0,5	8,6	8,4	6,5	4,6
pH	-	6,0-9,0	6,975	6,1	8,2	6,97	6	7,8	7,4	7,6	5,2
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	57,093	28	163	141,08	44	940	76,0	57,0	86,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	38,819	1	418	920,76	7	20.370	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	26,935	18,9	32,1	25,9	22,1	29,4	24,0	24,0	26,0
Turbidez	NTU	100	57,87	2,28	794	4.157,45	3,19	140.000	22,0	16,0	14,0
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco total	mg/L	0,18	0,035	0,01	0,1	0,03	0,02	0,18	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.22 – Dados de qualidade de água superficial do rio Suaçuí- Trecho 3.

Parâmetros	Unidade	DN COPAM 01/08- Água Doce- Classe II	Pré Rompimento RSG 01 (Coincidente IGAM RD089)			Pós Rompimento RSG 01 (Coincidente IGAM RD089)			Rio Suaçuí Grande		
									RSG-01		
			Med	Min	Max	14:10	10:30	Max	08/ago/17	05-set-17	04-out-17
									17:10	14:10	10:30
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,12	0,1	0,39	0,17	0,1	0,38	<0,05	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0	0	0	0,001	0,001	0,001	<0,01	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<0,001	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,02	0,005	0,005	0,005	<0,01	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	50.000	-	-	-	-	-	-	217,71	<1,00	16,33
Clorofila a	µg/L	30	7,35	0,01	45,92	0,81	0,01	2,14	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0	0	0	0,004	0,004	0,004	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade Elétrica	µS/cm	-	67,61	54,8	86,9	72,72	60,7	91,1	67,0	67,00	67,00
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	<0,01	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	5	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	<2	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	633,68	49,0	2.200,0	400,0	51,0	1.291,0	68,0	260,0	170,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,2	0,05	0,78	0,19	0,05	0,44	<0,1	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,05	0,01	0,17	0,15	0,02	0,52	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,07	0,02	0,27	0,03	0,02	0,05	0,039	0,013	0,023
Merúrio total	mg/L	0,0002	0,0002	< 0,0002	0,00033	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel Total	mg/L	0,025	0,01	0	0,03	0,004	0,004	0,004	< 0,01	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,35	0,01	0,84	0,35	0,11	0,67	0,2	<0,11	0,11
Nítrito	mg/L	1	-	-	-	0,011	0,001	0,021	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,96	7,0	9,4	7,78	7,0	8,6	7,01	6,0	5,0
pH	-	6,0-9,0	7,01	6,2	7,7	7,1	6,6	7,7	7,6	7,0	8,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	61,83	26,0	186,0	97,25	57,0	188,0	43,0	57	52
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	62,73	3,0	762,0	224,75	5,0	864,0	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,72	20,4	29,2	24,7	20,6	28,0	24,0	24	27
Turbidez	NTU	100	73,52	2,76	935	336,96	2,43	1.317,0	27,0	7,0	11
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	13,841	1,918	2,58
Zinco Total	mg/L	0,18	0,03	0,02	0,08	0,02	0,02	0,03	<0,01	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.23 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO09)- Trecho 3.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RDO 09 (Coincidente IGAM RD053)			Pós Rompimento RDO 09 (Coincidente IGAM RD053)			RDO 09		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	09-ago-17 14:30	05-set-17 10:20	04-out-17 15:00
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,11	0,10	0,18	0,56	0,037	8,25	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,00076	0,00030	0,00290	0,002	0,001	0,03	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,001	0,0005	0,0009	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,07	0,02	0,005	0,29	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	5,14	0,01	38,80	1,53	0,006	3,738	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,00	0,00	0,01	0,008	0,004	0,23	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	65,63	38,70	114,00	85,19	60,4	100	103,0	105,0	130,0
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,07	0,07	0,04	0,22	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,11	2,00	5,42	2,15	2	3,7	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	1.933,12	20,20	11.000	3.233,1	30,4	17.328,9	<18	68	68
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,17	0,04	0,48	0,24	0,078	0,77	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,06	0,01	0,40	0,05	0,02	0,1	0,029	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,10	0,01	0,67	1,06	0,013	31,41	0,03	0,028	0,029
Mercúrio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,01	0,004	0,02	0,01	0,004	0,25	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,61	0,01	2,44	0,96	0,47	1,46	0,67	0,6	0,62
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,01	0,53	0,04	0,01	0,07	0,013	0,029	0,019
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,49	5,80	9,50	7,78	6,7	8,9	8,4	6,9	5,3
pH	-	6,0-9,0	7,03	5,80	8,20	7,16	5,9	8,1	8,1	8,1	8,01
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	56,01	34,00	112,00	145,6	40	730	70,0	90,0	86,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	50,62	2,00	396,00	1.000,9	2	29.540	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	26,58	20,90	35,50	26,32	23,3	30,7	24,0	23,0	26,0
Turbidez	NTU	100	61,51	1,83	560,00	2.963,32	2,05	74	10,0	10,0	7,0
Vazão	m³/s	-	-	-	-	-	-	-	106,01	93,49	83,63
Zinco total	mg/L	0,18	0,04	0,01	0,18	0,075	0,02	0,30	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.24 – Dados de qualidade de água superficial do rio Caratinga- Trecho 3.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RCR 01			Pós Rompimento RCR 01			RCR 01		
			(Coincidente IGAM RD057)			(Coincidente IGAM RD057)			09-ago-17	06-set-17	05-out-17
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	09:45	09:40	10:30
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,17	0,1	0,87	0,86	0,1	1,62	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,00058	0,0005	0,0034	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,009	0,002	0,04	0,01	0,01	0,02	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	<1,00	571,48
Clorofila a	µg/L	30	5,46	0,01	25,63	2,15	1,07	4,85	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,005	0,004	0,008	0	0	0,01	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	75,4	53,4	130	101,98	62,2	130	103,0	108,0	102,0
Cromo total	mg/L	0,05	0,0469	0,04	0,13	0,04	0,04	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO2/L	≤ 5	5,57	1,7	73	2,08	2	2,2	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	540,7	52,1	2.809,00	1.884,80	108	3.873,20	1.400,0	20,0	1.400,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,158	0,04	0,55	0,37	0,04	1,27	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,084	0,01	0,41	0,07	0,02	0,22	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,174	0,0276	0,918	0,27	0,03	0,51	0,03	0,03	0,04
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,13	0,004	0,7	0,01	0	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,422	0,002	1,61	0,68	0,13	1,01	0,7	0,5	0,4
Nitrito	mg/L	1	-	-	-	0,01	0	0,02	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,649	4,4	9,4	8,1	7,1	8,7	8,2	6,1	4,7
pH	-	6,0-9,0	7,33	6,41	8,37	7,35	7,1	7,8	8,1	7,7	7,8
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	111,3	14	1.188	117,75	80	192	77,0	75,0	70,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	122,8	5	896	289,5	8	1.087,00	<10	<10	<10
Sulfetos (como H2S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27,2	20,6	36,5	23,9	22,8	26,2	20,0	21,0	24,0
Turbidez	NTU	100	103,8	0,02	1298	324,33	13,4	1.223,00	26,0	21,0	42,0
Vazão	m³/s	-	-	-	-	-	-	-	3,54	2,61	4,48
Zinco total	mg/L	0,18	0,04	0,01	0,17	0,05	0,03	0,07	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.25 –Dados de qualidade de água superficial do rio Doce (RDO10)- Trecho 3.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RDO 10 (Coincidente IGAM RD059)			Pós Rompimento RDO 10 (Coincidente IGAM RD059)			RDO 10		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	08-ago-17 10:30	06-set-17 14:05	05-out-17 15:20
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,25	0,10	3,12	0,85	0,045	10,55	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,001	0,001	0,01	0,002	0,001	0,004	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0005	0,03	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,005	0,079	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	81,64	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	12,77	0,01	143,65	2,54	0,006	7,743	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,005	0,004	0,01	0,005	0,004	0,04	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	65,30	40,70	110,00	94,1	56,7	190,1	111	97	122
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,091	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,23	2,00	10,36	2,08	2	3	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	4.568	52,00	35.000	2.186,3	40,9	6.131,4	93	9.200	700
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,20	0,04	2,07	1,08	0,03	8,62	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,06	0,01	0,36	0,11	0,02	0,72	0,019	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,11	0,01	0,59	0,43	0,011	4,54	0,022	0,035	0,018
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,00020	0,00020	0,00020	0,00	0,0002	0,0005	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,01	0,00	0,02	0,006	0,004	0,03	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,59	0,00	1,70	0,904	0,55	1,22	0,73	0,64	0,6
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,00	0,42	0,0225	0,005	0,04	0,031	0,012	0,011
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,67	4,20	10,70	6,99	1,4	8,6	7,6	5,6	4,45
pH	-	6,0-9,0	7,17	6,10	8,80	7,12	5,8	8,6	7,8	7,6	7,61
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	57,59	31,12	149,00	144,0	40	660	49,0	57,0	91,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	54,20	2,00	509,00	456,7	2	5.700	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27,21	19,00	32,60	29,4	24,6	36	24,0	22,0	25,0
Turbidez	NTU	100	69,61	3,28	764,00	1.740,8	3,59	28.500	8,0	11,0	8,0
Vazão	m³/s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco total	mg/L	0,18	0,04	0,01	0,10	0,02	0,02	0,08	<0,010	0,022	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.26 – Dados de qualidade de água superficial do rio Manhuaçu- Trecho 3.

Parâmetros	Unidades	COPAM 01/08 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RMH 01 (Coincidente IGAM RD065)			Pós Rompimento RMH 01 (Coincidente IGAM RD065)			RMH 01		
									10/ago/17	12/set/17	06/out/17
									09:50	14:10	12:25
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,31	0,1	4,37	0,23	0,1	0,36	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	0,001	0,0003	0,004	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,005	0,044	0,005	0,005	0,005	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	1.959,36	81,64
Clorofila a	µg/L	30	6,44	0,006	37,91	0,64	0,534	0,97	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,00	0,004	0,01	0,004	0,004	0,004	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	43,51	34,3	62,7	56,83	50,3	71,5	49	97	50
Cromo total	mg/L	0,05	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,11	1,27	3,31	2	2	2	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	1.062,9	1	7.900,0	177,1	20	573,1	260	45	45
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,24	0,05	2,6	0,24	0,11	0,61	<0,100	<0,100	0,206
Fósforo total	mg/L	0,1	0,05	0,01	0,41	0,09	0,02	0,21	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,071	0,0125	0,255	0,03795	0,0112	0,0647	0,02	<0,010	0,037
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,0002	0,0002	0,00024	0,0002	0,0002	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	0,005	0,004	0,013	0,004	0,004	0,004	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,353	0,007	1,04	0,60	0,44	0,72	0,37	0,28	0,35
Nítrito	mg/L	1	0,013	0,001	0,24	0,005	0,001	0,011	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,9	6,1	9,6	8,2	8,0	8,5	8,1	5,7	5,39
pH	-	6,0-9,0	7,01	6,27	8	7,1	6,8	7,5	7,7	8,4	7,78
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	44,23	6,64	116	57,25	24,0	84,0	24	26	45
Sólidos suspensos totais	mg/L	100	47,10	1,0	598,0	27,75	5,0	57,0	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	26,45	19,4	31,5	26,95	24,2	28,5	23	25	27
Turbidez	NTU	100	63,95	2,03	914	28,97	2,3	103,0	13	5	8
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	17,79	13,79	28,07
Zinco total	mg/L	0,18	0,04	0,01	0,22	0,03	0,02	0,04	0,04	<0,010	0,017

Fonte: Fundação Renova, 2017

Rio Doce/ G. Valadares: O ponto RD044 coincidente com os pontos RDO 07 e RDO 08, ambos localizados no rio Doce, no município de Governador Valadares/MG, apresentou, com base nos dados históricos do monitoramento hídrico do IGAM, ocorrências de uma série de parâmetros acima da legislação, tanto no período pré, quanto no pós rompimento da barragem (Tabela 5.20), sendo esses: alumínio dissolvido, chumbo total, clorofila a, *E. coli*, ferro dissolvido, fósforo, manganês total, níquel total, sólidos suspensos totais e turbidez. Já os dados dos pontos RDO 07 e RDO 08 nas campanhas de agosto, setembro e outubro/17, apresentam-se com melhores resultados do que os dados da estação do IGAM, pós rompimento, destacando apenas valores acima da legislação para alumínio, ferro dissolvido, assim como, para *E.coli* e oxigênio dissolvido. Vale destacar nessa campanha, a redução tanto dos sólidos suspensos totais, como da turbidez demonstrando uma grande melhora em relação a estes parâmetros, neste trecho do rio Doce.

Rio Suaçuí: O Ponto RSG 01, localizado no afluente Rio Suaçuí Grande, em Governador Valadares/MG, não apresentou nenhum parâmetro acima dos valores preconizados na legislação de referencia, nas campanhas de agosto, setembro e outubro/17 (Tabela 5.22). Os dados registrados pelo monitoramento do IGAM, na estação coincidente (RD089), apresentaram concentrações dos seguintes parâmetros acima do VMP alumínio dissolvido, *E. coli*, ferro dissolvido, fósforo, Sólidos suspensos totais e turbidez, pré e pós rompimento da barragem. Ressalta-se que este afluente não foi impactado pelos rejeitos do rompimento da barragem.

Rio Doce/ Tumiritinga: O ponto RD053 coincidente com o ponto RDO09 está localizado no rio Doce, no município de Tumiritinga/MG e registrou, conforme dados de monitoramento do IGAM, concentrações de alumínio dissolvido, chumbo total, cromo total, DBO, cor, *E. coli*, fósforo total, manganês total, sólidos suspensos totais e turbidez, acima da DN COPAM 01/08, antes do rompimento da barragem. Entretanto, não verifica-se a elevação destes parâmetros nos dados após o rompimento da barragem e, nas campanhas de agosto, setembro e outubro/17. Essas alterações de parâmetros não foram verificadas, registrando todos os dados de qualidade dentro dos limites da DN COPAM 01/08 (Tabela 5.23) no ponto RD09, concebido para esse trabalho.

Rio Caratinga: O ponto IGAM RD057 do IGAM no rio Caratinga, localizado no município de Conselheiro Pena, afluente da margem direita do Rio Doce (Coincidente com o RCR01), apresenta registros de parâmetros acima dos VMP, pré e pós rompimento da barragem de Fundão, tais como: alumínio dissolvido, cádmio total, chumbo total, DBO, *E. coli*, ferro dissolvido, fósforo total, manganês total e oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos dissolvidos e suspensos totais. Já o ponto RCR01 apresentou apenas o parâmetro *E. coli* acima da legislação ambiental nas campanhas de agosto e outubro de 2017 (Tabela 5.24). Esse rio não foi afetado com o rompimento da barragem e essas ocorrências verificadas, não estão relacionadas com esse evento.

Rio Doce/ Resplendor: O ponto RD059 do IGAM apresentou concentrações de alumínio dissolvido, cádmio, chumbo, *E. coli*, ferro dissolvido, fósforo, manganês, sólidos suspensos totais e turbidez acima do VMP (DN COPAM 01/08), antes e depois do rompimento da barragem, com elevação significativa, pós rompimento, de manganês total, sólidos suspensos totais e turbidez, com base nos dados do IGAM, na estação RD059 (Tabela 5.25). Ressalta-se que esse ponto está localizado dentro da área urbana do município e apresentou o parâmetro *E. coli* desenquadrado em relação à norma ambiental no mês de setembro/17. Já o ponto RDO10 que é coincidente com o ponto RD059 apresentou somente o parâmetro *E. coli* acima do VMP na campanha de setembro/17.

Rio Manhuaçu: O último ponto do trecho 3 está localizado no município de Aimorés/MG e apresenta monitoramento no rio Manhuaçu (RMH 01). Este ponto não apresentou nenhum parâmetro em inconformidade com a DN COPAM 01/08, nas campanhas de agosto, setembro e outubro/17 (Tabela 5.26). Nos dados de monitoramento do IGAM (estação RD065) constata-se concentrações de alumínio dissolvido, *E. coli*, fósforo total, manganês total, antes e depois do rompimento da barragem, com concentrações mais elevadas, contudo, não relacionados ao impacto do rejeito da barragem.

Observa-se de modo geral, que as campanhas de agosto, setembro e outubro de 2017, apresentaram boa qualidade das águas nesse trecho do rio Doce (Trecho 3), com poucos indícios de alterações provenientes do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Observa-se

apenas indícios de lançamento de esgotos domésticos em alguns trechos, com elevadas concentrações do parâmetro *E. coli*, que contribui para a deterioração da qualidade das águas.

Apesar de violações aos limites legais, em período pós rompimento da barragem, pelo monitoramento do IGAM, ressalta-se que os rios Suaçui, Caratinga e Manhuaçu não foram afetados com os rejeitos do rompimento da barragem. Muitos destes afluentes do rio Doce, já sofrem degradações ao longo de anos, pelo uso e ocupação da bacia, e contribuem para carreamento de compostos químicos e outros sedimentos para o rio Doce. Entretanto essas drenagens possuem em geral qualidade de água muito boa e contribuem para a melhor das águas da bacia do rio Doce.

As campanhas realizadas no mês de agosto, setembro e outubro, correspondem ao período de seca, por isto, é importante verificar o comportamento dos parâmetros avaliados nas próximas campanhas de monitoramento, principalmente no período chuvoso, para uma descrição mais assertiva, em relação à persistência de resquícios do rompimento da barragem e das ocorrências de alguns elementos, devido ao uso e ocupação local.

Os dados obtidos nestas campanhas estão coerentes com o **“Encarte Especial sobre a Qualidade das Águas do Rio Doce após 2 anos do rompimento da barragem de Fundação”** divulgado pelo IGAM em novembro de 2017 (IGAM, 2017).

5.2.4 Trecho 4

O Trecho 4 corresponde ao trecho da UHE Aimorés até a Foz. Nesse trecho são monitorados, basicamente, o Rio Doce e seu afluente Rio Guandu, assim como as lagoas localizadas em Colatina/ES e Linhares/ES.

5.2.4.1 Rios

As tabelas a seguir apresentam os resultados das campanhas de agosto, setembro e outubro/17 agrupados por rio e o comparativo com os dados de monitoramento pré e pós rompimento do IEMA, em estações selecionadas como referência (Tabela 5.27 a 5.33). Ressalta-se que os pontos não são coincidentes, mas serão utilizadas como referência para os seguintes municípios e distritos: Baixo Guandu/ES, Itapina/ES, Colatina/ES, Linhares/ES e Regência/ES. As tabelas apresentam os resultados dos monitoramentos do IEMA considerando

a média, o mínimo e o máximo, juntamente com os resultados das campanhas de agosto, setembro e outubro, sendo comparados aos limites legais da CONAMA 357/05, águas classe 2. A base de dados do IEMA utilizada está descrita no capítulo 3 item 3.1.1.

Tabela 5.27 - Dados de qualidade de água superficial do rio Guandu-Trecho 4.

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RGU 01 (Referência IEMA RDC2C007)			RGU 01		
			Méd	min	Máx	10-ago-17	12-set-17	6-out-17
						16:20	11:10	09:36
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	122,46	<1,00	114,3
Clorofila a	µg/L	30	4,35	1,00	8,00	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	96,55	18,51	140,0	97,0	105,0	86,0
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	3,26	0,0	8,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	20,0	20,0	230,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	-	-	-	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,15	0,01	0,58	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	-	-	-	0,025	0,033	0,074
Mercúrio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	112,02	0,20	1.893,0	0,45	0,23	0,59
Nitrito	mg/L	1	0,03	0,001	0,18	<0,006	<0,006	0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	8,13	6,90	9,60	7,07	5,1	4,88
pH	-	6,0-9,0	7,33	5,88	8,50	8,68	8,1	7,6
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	91,87	30,00	356,50	<10	56	70
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,14	20,40	32,00	28,0	24,0	25,13
Turbidez	NTU	100	156,14	7,00	1.265,00	13,0	11,0	39,5
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-
Zinco total	mg/L	0,18	-	-	-	<0,010	<0,010	0,013

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.28 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Baixo Gandu).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RDO 11 (Referência IEMA RDC1C005)			Pós Rompimento RDO 11 (Referência IEMA Baixo Guandu)			RDO 11		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	11-ago-17	13-set-17	10-out-17
									09:10	10:40	12:40
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	-	-	-	0,92	0,03	4,53	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	0,01	0,001	0,21	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	0,01	0,001	0,12	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	81,64	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	6,53	1,00	22,00	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	0,002	0,001	0,02	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	80,98	11,81	370	93,91	7,02	277	92	105	98
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	0,02	0,01	0,33	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,80	0,98	6,00	-	-	-	4,08	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	-	-	-	68	1.400,00	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	-	-	-	1,26	0,03	4,50	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,59	0,002	11,83	-	-	-	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	-	-	-	0,31	0,01	2,76	0,013	0,012	0,012
Mercúrio total	mg/L	0,0002	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	0,02	0,01	0,10	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,64	0,05	1,87	-	-	-	0,59	0,55	1,4
Nitrito	mg/L	1	0,03	0,001	0,30	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,70	6,17	9,40	6,1	1,41	8,34	8,4	4,9	7,3
pH	-	6,0-9,0	7,23	5,81	8,51	7,11	5,10	8,79	7,4	7,4	7,3
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	67,43	30,00	134,00	192,28	10,0	860,0	74	105	76
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	-	-	-	10,00	10,00	10,00	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	26,24	22,90	49,60	-	-	-	23,0	23,0	25,6
Turbidez	NTU	100	45,69	4,66	200	1.083,03	2,89	9.560,00	17,0	11,0	8,1
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	120,57	86,15	101,48
Zinco total	mg/L	0,18	-	-	-	0,10	0,01	0,41	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.29- Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Itapina).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RDO12 Referência IEMA RDC1E010)			Pós Rompimento RDO12 (Referência IEMA Itapina)			RDO 12		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	11-ago-17	15-set-17	10-out-17
									14:15	13:46	16:10
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	-	-	-	0,96	0,03	4,62	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	0,01	0,001	0,08	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	<1,00	<1,00
Clorofila a	µg/L	30	5,03	0,60	9,00	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	0,01	0,001	0,45	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	73,27	13,27	140,0	97,33	43,1	551,00	94	98	92
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	0,02	0,01	0,14	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,87	0,90	7,17	-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	-	-	-	68	2.200,0	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	-	-	-	1,26	0,04	3,79	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,10	0,006	0,62	-	-	-	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	-	-	-	0,24	0,01	2,06	0,015	0,012	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	0,01	0,01	0,10	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,60	0,30	1,07	-	-	-	0,63	0,59	0,84
Nitrito	mg/L	1	0,02	0,002	0,04	-	-	-	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,91	6,16	9,77	6,17	3,54	8,90	8,1	5,6	6,4
pH	-	6,0-9,0	7,25	6,11	8,92	7,08	4,83	7,96	7,4	7,4	7,5
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	56,37	20,40	146,70	172,52	10,0	428,0	<10	90	55
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	-	-	-	10,0	10,0	10,0	10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,46	20,00	30,30	-	-	-	23	23	27
Turbidez	NTU	100	51,12	4,0	240,0	907,84	0,69	5.620,0	9	8	8
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	105,68	83,37	110,53
Zinco total	mg/L	0,18	-	-	-	0,08	0,01	0,36	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.30 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Colatina).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RDO13 (Referência IEMA RDC1D020)			Pós Rompimento RDO13(Referência IEMA Colatina)			RDO 13		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	15-ago-17	19-set-17	11-out-17
									09:40	10:00	09:30
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	-	-	-	0,94	0,04	4,37	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	0,01	0,001	0,08	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	< 1,00	<1,00	81,64
Clorofila a	µg/L	30	5,6	2,0	10	-	-	-	<0,75	1,0	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	0,001	0,001	0,012	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	79,02	12,95	140	84,5	40,1	136,90	94,0	99,0	92,0
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	0,03	0,01	0,14	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,92	1,0	6,5	-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	-	-	-	390	790	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	-	-	-	1,37	0,05	4,72	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,195	0,005	2,85	-	-	-	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	-	-	-	0,25	0,01	1,98	0,017	0,014	0,015
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	0,01	0,001	0,12	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,680	0,063	1,556	-	-	-	0,75	0,53	0,59
Nitrito	mg/L	1	0,020	0,002	0,06	-	-	-	0,094	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,645	6,28	9,6	7,16	3,31	47,80	7,4	6,5	6,7
pH	-	6,0-9,0	7,241	5,6	8,72	7,18	5,01	7,82	7,4	7,4	7,1
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	73,06	29,8	194	184,87	17,30	429,00	16,0	62,0	68,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	-	-	-	10,0	10,0	10,0	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,82	23,3	30,7	-	-	-	23,0	25,0	25,6
Turbidez	NTU	100	53,56	5,0	242	875,74	2,86	6.370,0	20,0	7,0	7,1
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco total	mg/L	0,18	-	-	-	0,09	0,01	0,82	0,021	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.31 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Colatina).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	RDO 14		
			15-ago-17	19-set-17	17-out-17
			14:25	14:40	11:30
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	< 1,00	<1,00	40,82
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	1,1	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	97	100	106
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	68	9.200	230
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,016	0,019	0,024
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,63	0,53	0,78
Nitrito	mg/L	1	<0,006	<0,006	0,058
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,4	7,1	6,9
pH	-	6,0-9,0	7,6	7,8	7,4
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	74,0	74,0	69,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,0	26,0	25,6
Turbidez	NTU	100	15,0	7,0	9,1
Vazão	m ³ /s	-	142,27	85,80	120,96
Zinco total	mg/L	0,18	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.32 - Dados de qualidade de água superficial do rio Doce-Trecho 4 (Linhares).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pré Rompimento RDO15 (Referência IEMA RDC1C025)			Pós Rompimento RDO15(Referência IEMA Linhares)			RDO 15		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	16-ago-17	20-set-17	18-out-17
									09:40	08:40	08:50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	-	-	-	0,86	0,02	3,81	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	0,01	0,001	0,06	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	285,74	<1,00	326,56
Clorofila a	µg/L	30	6,52	1,00	17,00	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	0,002	0,001	0,01	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	78,94	15,73	160,0	112,62	7,19	900,0	95,0	99,0	100,0
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	0,02	0,01	0,11	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	4,34	1,19	47,00	-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	-	-	-	68,0	78,0	230
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	-	-	-	1,13	0,04	3,60	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,09	0,005	0,40	-	-	-	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	-	-	-	0,22	0,02	1,4	0,031	0,03	0,045
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	0,004	0,001	0,04	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,54	0,05	1,32	-	-	-	0,74	0,63	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,002	0,04	-	-	-	0,086	<0,006	0,029
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,88	6,50	8,70	5,93	3,59	9,55	7,3	6,2	6,9
pH	-	6,0-9,0	7,23	5,62	8,2	7,13	4,95	8,50	7,4	7,3	7,5
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	49,78	10,0	138,0	498,91	4,61	7.700	73,0	58,0	71,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	-	-	-	10,0	10,0	10,0	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,5	22,1	31,2	-	-	-	23,0	24,0	25,7
Turbidez	NTU	100	51,69	4,00	480,0	659,13	8,86	3.665,00	19,0	11,0	10,1
Vazão	m³/s	-	-	-	-	-	-	-	132,32	62,59	93,58
Zinco total	mg/L	0,18	-	-	-	0,09	0,01	0,48	<0,010	0,047	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.33 - Dados de qualidade de água superficial rio Doce-Trecho 4 (Regência).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Salobra - Classe I	Pré Rompimento RDO16 (Referência IEMA RDC1E030)			Pós Rompimento RDO16 (Referência IEMA Regência)			RDO 16		
			Med	Min	Max	Med	Min	Max	18-ago-17	26-set-17	25-out-17
									09:40	14:00	10:50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	-	-	-	0,46	0,01	1,61	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	0,001	0,001	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	0,01	0,001	0,06	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	cel/mL	-	-	-	-	-	-	-	<1,00	<1,00	244,92
Clorofila a	µg/L	30	6,5	1,0	20	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	0,002	0,001	0,01	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	89,68	14,07	490	990,18	3,46	10.020	1.529	1.558	914
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	0,02	0,01	0,14	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,81	1,24	6	-	-	-	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	-	-	-	2.800,0	330,0	20,0
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	-	-	-	0,55	0,01	3,19	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,1	0,09	0,014	0,3	-	-	-	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	-	-	-	0,17	0,02	1,67	0,022	0,021	0,023
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	0,0001	0,0001	0,0001	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	0,004	0,001	0,05	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,44	0,05	1,312	-	-	-	1,1	3,4	<2,2
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,002	0,04	-	-	-	<0,030	<0,060	<0,120
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,80	6,80	9,70	6,11	3,98	9,17	5,9	5,1	5,6
pH	-	6,0-9,0	7,15	5,91	8,26	7,21	5,00	8,47	7,5	7,7	7,4
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	51,99	29,2	130	908,44	78,00	5.236,00	521,0	665,0	1.096,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	-	-	-	10,0	10,0	10,0	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,39	23	31,1	-	-	-	24,0	24,8	27,4
Turbidez	NTU	100	44,80	7	332	579,11	4,05	4.110,00	10,0	12,7	11,1
Vazão	m ³ /s	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco total	mg/L	0,18	-	-	-	0,07	0,01	0,29	0,065	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Rio Guandu: O Rio Guandu (RGU 01), apresentou apenas o parâmetro pH em desacordo com os quesitos legais na campanha de outubro/17. Os dados de monitoramento do ponto referência do IEMA a este monitorado (RDC2C007) apresentou diversos parâmetro acima dos limites legais (CONAMA 357/05- Águas doces- classe 2) tais como: fósforo total, nitrato, pH e turbidez.

Segundo os dados desse trabalho, esse rio apresenta boa qualidade, nesta campanha, e não foi impactado com o rompimento da barragem (Tabela 5.27).

Rio Doce: Os pontos RDO11, RDO12, RDO13, RDO14, RDO15 e RDO 16, todos localizados no rio Doce, municípios de Baixo Guandu/ES, Colatina/ES, Linhares/ES e Regência/ES, apresentaram de modo geral, os parâmetros enquadrados em relação a norma ambiental nacional, nas campanhas de agosto, setembro e outubro/17 (Tabela 5.28 a 5.33). Os pontos RDO 11, RDO 12, RDO 15 apresentaram o parâmetro *E.coli* acima do VMP na legislação vigente (CONAMA 357/05-Águas doces), ambos na campanha de setembro/17. Já o ponto RDO16 apresentou o parâmetro *E.coli* acima do VMP na legislação vigente (CONAMA 357/05-Águas salobras) em agosto/17 e setembro/17.

Os dados estatísticos pré rompimento, do IEMA no rio Doce em Baixo Guandu, indicam concentrações de fósforo total, DBO, pH e turbidez acima da Resolução CONAMA 357/05, e após rompimento da barragem, os seguintes parâmetros apresentaram valores desenquadrados, em relação à norma ambiental: alumínio dissolvido, arsênio total, cobre dissolvido, cromo total, ferro dissolvido, pH, OD, manganês total, níquel total, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, turbidez e zinco total. Nos demais municípios (Colatina, Linhares e Regência) apresentaram no geral, o mesmo comportamento e ocorrências que em Baixo Guandu, tanto pré quanto pós rompimento da barragem.

Cabe ressaltar que, no período pré rompimento da barragem, os metais e outros parâmetros de importância ambiental não eram monitorados pelo IEMA, apenas os parâmetros do Índice de Qualidade de Água – IQA eram avaliados. Sendo assim, não há uma base histórica, pré rompimento da barragem, disponível para o Trecho 4, para uma avaliação mais consistente. Além disso, esse ponto do IEMA não é coincidente com nenhum ponto desse trecho da bacia do rio Doce.

O trecho 4 até a foz do rio Doce, apresentou boa qualidade das águas para o período avaliado, sem indícios de alterações provenientes do rompimento da barragem de rejeitos de Fundão. Apenas o parâmetro *E.coli* apresentou-se acima do limite da CONAMA 357/05 classe 2. Cabe ressaltar que as campanhas realizadas (agosto, setembro e outubro), correspondem ao período de seca e é importante verificar as demais campanhas de monitoramento, principalmente no período chuvoso, para uma descrição mais assertiva em relação à persistência de resquícios do rompimento da barragem e das ocorrências de alguns elementos devido ao uso e ocupação local.

Os dados obtidos nestas campanhas estão coerentes com o **“Encarte Técnico-02 anos de monitoramento da qualidade da água bruta do rio Doce”** divulgado pelo IEMA em dezembro de 2017 (IEMA, 2017).

5.2.4.2 Lagoas

Seis lagoas monitoradas estão localizadas nos municípios de Colatina/ES e Linhares/ES: Lagoa do Limão, Lagoa Juparanã, Lagoa Nova, Lagoa Monsarás, Lagoa do Areão e Lagoa do Areal.

Após o rompimento da barragem de Fundão, durante o período de cheia do rio Doce em janeiro de 2016, as águas do rio contendo sedimentos mais finos da barragem rompida adentraram canais e lagoas desta região conhecida por abrigar um dos mais representativos sistemas lacustres do Espírito Santo, com várias lagoas inseridas na porção hidrográfica da foz do rio Doce. Por isso é importante o monitoramento destes ambientes no contexto do PMQQS.

As tabelas a seguir apresentam os resultados das análises químicas, da campanha de amostragem do mês de agosto, setembro e outubro de 2017, agrupados por lagoa, nas profundidades amostradas, quando aplicável, conforme definido no PMQQS (Tabela 5.33 a 5.46). Os resultados das lagoas Nova, Monsarás, Areão e Areal são comparados com os dados de monitoramento do IEMA, pós rompimento, contemplando dados de fevereiro/16 até agosto/17. Esse monitoramento foi realizado pela Samarco, para atendimento ao Auto de Intimação do IEMA nº 12345/2015. Os valores foram comparados ainda com a Resolução CONAMA 357/05 – Águas Doces- Classe 2 para ambientes lênticos.

Tabela 5.33 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Limão (LLM01).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	LLM 01			
			14-ago-17 15:36	14-ago-17 16:42	18-set-17 14:10	16-out-17 14:20
			Profundidade I 1,35 m	Profundidade II 8,75 m	Profundidade I 1,24 m	Profundidade I 1,13 m
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	138	138	129	121
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	170	1.400,00	16.000,00
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,03	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,017	0,017	0,014	0,018
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,14	0,12	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	<0,006	0,095	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,1	5,8	5,8	6,9
pH	-	6,0-9,0	7,2	7,4	7,3	7,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	119	108	35	98
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	26,8	26,8	26,0	29,6
Turbidez	NTU	100	6,7	6,6	4,1	3,6
Zinco total	mg/L	0,18	<0,010	0,059	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.34 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Limão (LLM02).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	LLM 02			
			14-ago-17 12:58	14-ago-17 12:58	18-set-17 10:40	16-out-17 13:00
			Profundidade I 1,35 m	Profundidade II 8,75 m	Profundidade I 1,24 m	Profundidade I 1,18 m
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	138	138	131	121
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	390	20	78	330
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganes total	mg/L	0,1	0,017	0,016	0,013	0,019
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,12	0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,1	7,0	6,0	6,9
pH	-	6,0-9,0	7,1	7,2	7,0	7,2
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	104	101	91	93
Solidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S nao dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,8	23,6	24,0	26,7
Turbidez	NTU	100	6,5	6,26	3,6	3,6
Zinco total	mg/L	0,18	0,038	<0,010	0,021	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.35 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Limão (LLM03).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	LLM 03							
			14-ago-17 13:44	14-ago-17 14:18	18-set-17 12:30	18-set-17 13:20	18-set-17 14:00	16-out-17 10:40	16-out-17 10:48	16-out-17 11:00
			Profundidade I	Profundidade II	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III
			1,35 m	8,75 m	1,24 m	23,20 m	31,35 m	1,46 m	23,80 m	31,65 m
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	1,1	<0,75	1	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	138	143	129	128	128	121	121	121
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	260	5.400	20	20	700	78	1.400	2.200
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,102	<0,010	0,014	0,013	0,013	0,017	0,124	0,017
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,15	0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	<0,006	0,099	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,64	6,03	6,40	3,4	2,2	6,9	6,7	6,6
pH	-	6,0-9,0	7,3	7,4	7,3	6,6	6,6	7,2	7,2	7,1
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	68	80	<10	106	93	82	53	97
Solidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,6	24,5	25,4	23,5	23,2	27,3	27,3	26,9
Turbidez	NTU	100	6,4	6,0	3,2	3,4	3,3	3,59	3,59	3,59
Zinco total	mg/L	0,18	0,022	0,073	<0,010	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.36 - Dados de Monitoramento da Lagoa Juparanã (LJP01).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	LJP 01			
			18-ago-17 16:36	18-ago-17 16:54	20-set-17 16:40	18-out-17 16:58
			Profundidade I 0,27 m	Profundidade II 2,75 m	Profundidade I 0,11 m	Profundidade I 0,32 m
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	0,055	0,055	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	104	104	94	90
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	3,42	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	45	<18	<18	490
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,016	<0,010	<0,010	0,013
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,14	0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,087	0,091	<0,006	<0,006
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,5	6,3	4,07	6,8
pH	-	6,0-9,0	7,4	7,1	7,53	7,2
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	66	97	88	71
Solidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,6	24,6	24,23	25,4
Turbidez	NTU	100	40,1	40,0	47,0	39,0
Zinco total	mg/L	0,18	0,074	0,027	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.37 - Dados de Monitoramento da Lagoa Juparanã (LJP02).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	LJP 02			
			18-ago-17 15:30	20-set-17 15:30	20-set-17 15:40	18-out-17 17:50
			Profundidade I 0,54 m	Profundidade I 0,11 m	Profundidade II 4,30 m	Profundidade I 0,32 m
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	104	139	97	90
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	<18	<18	1100
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	0,012
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,087	<0,006	<0,006	0,028
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,3	6,3	6,5	6,8
pH	-	6,0-9,0	7,6	7,2	7,3	7,1
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	67	87	79	78
Solidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	0,004	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,6	23,6	23,6	25,4
Turbidez	NTU	100	40,0	47,6	47,0	39,0
Zinco total	mg/L	0,18	0,031	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.38 - Dados de Monitoramento da Lagoa Juparanã (LJP03).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	LJP 03						
			21-ago-17 07:40	21-ago-17 08:30	20-set-17 12:00	20-set-17 12:05	18-out-17 15:00	18-out-17 15:17	18-out-17 15:30
			Profundidade I	Profundidade II	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III
			0,27 m	5,75 m	0,32 m	5,90 m	0,38 m	6,05 m	8,02 m
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	104	101	89	97	91	91	91
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	78	68	<18	<18	9.200	16.000	2.200
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,011	0,01	0,013
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,028	0,027	0,027
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,7	6,3	6,2	6,2	6,6	6,7	5,9
pH	-	6,0-9,0	7,2	6,9	7,4	7,5	7,1	7,1	7,0
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	93	113	79	86	70	77	84
Solidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,8	23,6	24,6	24,6	25,4	25,1	24,89
Turbidez	NTU	100	38,0	37,0	48,1	48,1	39,0	39,0	36,0
Zinco total	mg/L	0,18	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.39 - Dados de qualidade de água da Lagoa Nova- LNV 01.

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	IEMA/Samarco- Lagoa Nova 1- Pós Rompimento Coincidente com LNV01			LNV 01		
						21-ago-17 10:40 Profundidade I	21-set-17 10:31 Profundidade I	19-out-17 10:00 Profundidade I
			Méd	Min	Máx	1,35 m	1,67 m	0,81 m
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,04	0,01	0,18	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,007	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac Quant.	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	-	-	-	1,7	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,018	0,001	0,027	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	94	4,80	249,70	100	89	87
Cromo total	mg/L	0,05	0,006	0,003	0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	3	2,10	5,40	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	20	260	330
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,05	0,01	0,29	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,03	0,11	0,01	0,25	0,024	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,03	0,01	0,26	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,36	0,02	0,85	<0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,01	0,004	0,05	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7	3,54	10,80	7,2	6,2	6,8
pH	-	6,0-9,0	7	6,58	8,39	7,6	7,3	7,6
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	69	3,00	301,70	87	54	43
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	12	12,00	12,00	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27	23,80	31,50	24	25	25,39
Turbidez	NTU	100	5	0,00	23,40	6,0	3,0	3,9
Vazão	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinco total	mg/L	0,18	0	0,02	0,06	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.40 - Dados de qualidade de água da Lagoa Nova- LNV 02.

Parâmetros	Unidades	CONAM A 357/05 - Água Doce - Classe II	IEMA/Samarco- Lagoa Nova2 - Pós Rompimento coincidente com LNV02			LNV 02								
						21-ago-17	21-ago-17	21-ago-17	21-set-17	21-set-17	21-set-17	19-out-17	19-out-17	19-out-17
						16:10	16:46	17:30	08:20	08:40	09:03	15:10	15:25	15:35
						Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III
			Méd	Min	Máx	1,35 m	8,00 m	7,33 m	1,67 m	11,65 m	12,85 m	1,56 m	11,10 m	12,30 m
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	0,04	0,02	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac Quant.	-	-	-	-	-									
Clorofila a	µg/L	30	30	30	30	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,005	0,001	0,009	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	127	46	460	100	92	99	93	93	94	87	87	87
Cromo total	mg/L	0,05	0	0,01	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	3	2,00	5,90	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100m L	1.000	-	-	-	170	490	490	1.400	2.200	1.100	1.100	330	16.000
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,04	0,01	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	0,11	0,01	0,27	0,025	0,019	0,028	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganes total	mg/L	0,1	0,03	0,01	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	0,000 2	0,000 2	0,000 2	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	0,029	0,025	0,031	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	2,9	0,02	34	1,7	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,27	0,01	1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,029	0,025	<0,006
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	7	3,06	11,6	7,6	6,2	6,1	6,6	5,1	3,84	6,7	6,9	6,8
pH	-	6,0-9,0	7	3,55	8,59	7,8	7,6	7,5	7,4	6,9	6,8	7,2	7,1	7,1
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	95	6,41	500	55	93	16	55	68	49	51	46	53
Solidos suspensos totais	mg/L	-	15	15	15	<10	<10	<10	11	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S nao dissociado)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	28	23,90	31,20	24,4	23,3	22,6	25,3	24,5	23,3	25,3	25,3	25,3
Turbidez	NTU	100	6	0,55	100	4,3	3,4	3,6	4,4	5,1	3,8	3,9	3,9	3,9
Zinco total	mg/L	0,18	0,05	0,02	0,18	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.41 - Dados de qualidade de água da Lagoa Nova- LNV 03.

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pós Rompimento LNV03(Coincidente IEMA/Samarco- Lagoa Nova 3)			LNV 03								
						14-ago-17	14-ago-17	21-ago-17	21-set-17	21-set-17	21-set-17	19-out-17	19-out-17	19-out-17
						13:30	14:05	14:50	14:30	14:40	15:06	13:20	13:26	13:36
						Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III	Profundidade I	Profundidade II	Profundidade III
			Méd	Min	Máx	1,35 m	14,75 m	14,075 m	1,78 m	15,95 m	18,98 m	1,62	15,5	18,75
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	0,04	0,01	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac Quant.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	109,2	44	318,6	101	99	92	88	88	88	87	87	87
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	2,8	2,1	5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	68	790	20	260	2800	260	1100	330	230
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,03	0,01	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	0,12	0,011	0,241	0,028	0,025	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,02	0,01	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,38	0,03	10	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,018	0,017	1	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	<0,006	0,026	0,026	<0,006
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,81	3,06	11,5	7,2	6,1	5,9	6,4	3,8	3,4	6,9	6,8	6,6
pH	-	6,0-9,0	7,46	6,41	8,27	7,7	7,7	7,5	7,8	6,7	6,5	7,5	7,5	7,3
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	70,01	12	500	17	69	65	<10	56	55	35	39	45
Solidos suspensos totais	mg/L	-	17	17	17	17	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S nao dissociado)	mg/L	0,002	0,0025	0,002	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27,3	23,8	31,5	24,12	24,01	23,6	24,94	22,6	22,6	25,39	25,38	25,26
Turbidez	NTU	100	3,02	0,71	100	5,7	3,6	3,4	3,2	3,8	3,4	3,9	3,9	3,9
Zinco total	mg/L	0,18	0,04	0,017	0,18	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.42 - Dados de qualidade de água da Lagoa Monsarás (LMN 01).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pós Rompimento LMN01 (Coincidente IEMA/Samarco- Lagoa Monsaras 1)			LMN 01			
						16-ago-17 16:00	16-ago-17 17:40	25-set-17 12:30	20-out-17 11:30
						Profundidade I	Profundidade II	Profundidade I	Profundidade I
			Méd	Min	Máx	1,08 m	6,25 m	0,54 m	0,864m
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,07	0,011	0,38	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,02	0,02	0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	30	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,02	0,002	0,04	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	9.804,2	5,81	100.000	3183	2141	634	780
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	3,85	2,3	7,96	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Escherichia coli	NMP/100mL	1.000	-	-	-	390	2200	790	78
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,24	0,014	1,32	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,03	0,07	0,01	0,21	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,28	0,015	0,66	0,193	0,176	0,173	0,154
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,42	0,02	1,03	<2,2	<2,2	<0,55	<0,55
Nitrito	mg/L	1	0,03	0,006	0,07	<0,120	<0,120	<0,030	<0,030
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,6	2,5	9,2	6,6	6,1	4,3	6,8
pH	-	6,0-9,0	7,3	6,79	8,13	7,2	7,1	6,1	6,9
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	3.756	4,0	13.203	1.440	1.572	306	450
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	26,06	1,2	169	<10	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27,32	23,1	30,5	22,1	22,0	26,1	25,3
Turbidez	NTU	100	27,4	0,95	569	6,2	6,1	11,9	4,53
Zinco total	mg/L	0,18	0,04	0,01	0,07	0,017	0,05	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.43 - Dados de qualidade de água da Lagoa Monsarás (LMN02).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pós Rompimento LMN02-Coincidente IEMA/Samarco- Lagoa Monsaras 2	LMN 02			
				16-ago-17 14:58	16-ago-17 15:30	25-set-17 11:20	20-out-17 10:00
				Profundidade I 0,49 m	Profundidade II 2,85 m	Profundidade I 0,29 m	Profundidade I 0,86 m
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	0,034	0,01	0,16	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	30	-	-	-	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm		14.404,5	4,04	85.000	5900	5960
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	4,91	2,3	43	<2,00	<2,00
Escherichia coli	NMP/100mL	1.000	-	-	-	20	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,103	0,018	0,449	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,03	0,038	0,011	0,15	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,12	0,025	0,377	0,182	0,073
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,52	0,03	0,8	<2,2	<5,5
Nitrito	mg/L	1	0,15	0,02	0,28	<0,120	<0,300
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,21	4,5	13,2	7,6	7,1
pH	-	6,0-9,0	7,90	6,6	8,89	8,3	8,4
Solidos dissolvidos totais	mg/L	500	6.280	8	15.304	3.412	3.698
Solidos suspensos totais	mg/L		15,7	3,2	68	<10	12
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C		26,43	21,9	29,6	23,3	23,3
Turbidez	NTU	100	5,373	0,58	15,3	7,73	6,78
Zinco total	mg/L	0,18	0,033	0,013	0,047	0,024	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.44 - Dados de qualidade de água da Lagoa do Areal.

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pós Rompimento LAL01- Coincidente IEMA/Samarco- Lagoa Areal 1			LAL 01			
						17-ago-17 09:59	17-ago-17 10:20	25-set-17 16:15	24-out-17 13:10
						Profundidade I	Profundidade II	Profundidade I	Profundidade I
			Méd	Min	Máx	0,324 m	1,90 m	0,32 m	0,486
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,126	0,057	0,2	0,18	0,14	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	169,2	113	227	167	166	158	152
Cromo total	mg/L	0,05	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	5,9	3	10	4,98	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	<18	<18	490	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	1,9	1,04	4,013	5,0	1,4	0,96	0,75
Fósforo total	mg/L	0,03	0,1	0,01	0,41	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,04	0,02	0,07	0,046	0,059	0,022	0,017
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,48	0,37	0,61	0,21	<0,11	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,03	0,02	0,05	0,105	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	6,42	4,2	7,9	5,6	4,9	4,9	5,9
pH	-	6,0-9,0	7,3	6,46	8,45	7,1	6,5	7,3	6,7
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	187,043	28,200	908,000	136	139	112	112
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	16,900	10,000	23,800	<10	10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27,413	23,200	31,400	23,1	23,1	26,6	26,9
Turbidez	NTU	100	25,587	10,800	60,000	40,1	41,3	31,1	25,1
Zinco total	mg/L	0,18	0,05	0,015	0,14	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.45 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Areão (LAO01).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pós Rompimento LAO 01-Coincidente IEMA/Samarco- Lagoa Areão 01			LAO 01		
						17-ago-17	26-set-17	24-out-17
						15:32	11:10	11:38
			Méd	Min	Máx	Profundidade I	Profundidade I	Profundidade I
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	1,57	0,06	6,37	0,201	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,001	<0,001	<0,001
Chumbo total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Cianobac. Quant	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	-	-	-	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	131,04	99,00	179,00	141	139	138
Cromo total	mg/L	0,05	0,01	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	6,00	3,00	8,00	<2	<2	<2
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	20	20	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	1,46	0,07	5,51	0,503	<0,1	<0,1
Fósforo total	mg/L	0,03	0,16	0,02	0,37	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,03	0,01	0,14	0,017	<0,01	0,057
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01
Nitrato	mg/L	10	0,46	0,30	0,62	0,11	<0,11	0,15
Nitrito	mg/L	1	0,06	0,04	0,07	<0,006	0,014	0,407
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	8,09	6,21	17,20	6,9	5,2	6,8
pH	-	6,0-9,0	7,69	6,90	8,78	7,3	8,2	7,1
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	118,67	42,00	174,40	88	80	88
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	27,04	10,00	76,70	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27,25	23,20	32,50	24,8	24,6	26,2
Turbidez	NTU	100	20,73	2,40	47,70	10,9	6,8	7,6
Zinco total	mg/L	0,18	0,05	0,02	0,07	<0,01	<0,01	<0,01

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.46 - Dados de Monitoramento da Lagoa do Areão (LAO02).

Parâmetros	Unidades	CONAMA 357/05 - Água Doce - Classe II	Pós Rompimento LAO 02-Coincidente IEMA/Samarco- Lagoa Areão 02			LAO 02		
			Méd	Min	Máx	17-ago-17 13:30 Profundidade I	26-set-17 09:40 Profundidade I	24-out-17 10:35 Profundidade I
						0,486 m	0,6 m	0,54
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	0,8	0,1	3,0	0,333	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,001	-	-	-	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	<0,010	<0,010	<0,010
Cianobac. Quant	-	-	-	-	-	-	-	-
Clorofila a	µg/L	30	-	-	-	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,009	0,001	0,001	0,001	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	134,58	99	178	141	139	138
Cromo total	mg/L	0,05	0,01	0,01	0,014	<0,010	<0,010	<0,010
DBO	mgO ₂ /L	≤ 5	3,7	3,0	10	<2,00	<2,00	<2,00
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	-	-	-	45	20	230
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	1,1	0,12	3,52	0,491	<0,100	0,195
Fósforo total	mg/L	0,03	0,03	0,01	0,33	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,03	0,01	0,065	0,024	0,022	0,044
Mercurio total	mg/L	0,0002	-	-	-	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	10	0,34	0,015	0,63	0,12	<0,11	<0,11
Nitrito	mg/L	1	0,10	0,015	0,6	<0,006	<0,006	<0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	7,4	6,15	8,7	6,4	5,1	6,8
pH	-	6,0-9,0	7,7	6,94	8,6	7,5	7,6	6,9
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	500	124,91	61	307,5	90	79	96
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	10,86	10	22	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	-	-	-	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	26,76	22,6	30,7	22,4	24,4	26,1
Turbidez	NTU	100	35,31	3,17	108	11,4	6,76	7,6
Zinco total	mg/L	0,18	0,05	0,01	0,14	0,055	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

A **lagoa do Limão** apresenta três pontos de monitoramento, um próximo ao canal de ligação ao Rio Doce, um mais ao sul e outro mais ao centro. Nas campanhas de monitoramento realizadas em agosto e outubro, verificaram-se a concentração de manganês total acima do VMP, no ponto mais ao centro da lagoa (LLM03). (Tabela 5.35). A concentração registrada está acima da legislação, mas a fração dissolvida é menor, sugerindo que essa concentração está associada a material particulado em solução. Além disso, essa concentração representa um valor pouco significativo, para ser interpretado como relevante e como reflexo do impacto ambiental causado pelo rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, pois está a dois décimos de miligrama por litro acima do VMP da norma. Após uma avaliação dos dados das próximas campanhas de monitoramento, será possível inferir melhor sobre esse parâmetro. Ainda na lagoa do Limão, foram registradas ocorrências de *E. coli* nos pontos LLM 01 e LLM 03 nas campanhas de agosto, setembro e outubro. Cabe ressaltar que, com o aumento do nível do rio Doce em Novembro de 2015 o material oriundo do rompimento da barragem de Fundão chegou alcançar parte da lagoa. Nos dias 19 e 20 de novembro de 2015 a vala que liga a lagoa ao rio Doce foi fechada por uma estrutura de contenção, através da solicitação informal realizada pelo IEMA.

Os dados da perfilagem vertical da Lagoa do Limão (ANEXO V) onde são registrados os parâmetros físico-químicos de 0,5 em 0,5 m, não verificou-se estratificação em relação aos parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica, turbidez e oxigênio dissolvido em nenhum ponto dessa lagoa, nesses três primeiros meses de monitoramento. O potencial redox apresentou pouca variação, conforme esperado em lagoas para diferentes profundidades e o oxigênio saturado (%) apresentou variação apenas no ponto central da lagoa (LLM03), sendo este o ponto mais profundo. Com os dados das próximas campanhas de monitoramento onde serão avaliados os períodos secos e chuvosos e será possível avaliar melhor uma possível estratificação das lagoas.

A **lagoa Juparanã** apresentou na campanha de agosto, todos os parâmetros enquadrados, conforme legislação ambiental vigente. Já na campanha de setembro, verificou-se o parâmetro oxigênio dissolvido no ponto LJP 01-profundidade I desenquadrado em relação a norma ambiental vigente, e em outubro o parâmetro *E. coli* no ponto LJP 03 também esteve acima do VMP nas três profundidades amostradas. Essa lagoa não é monitorada pelo IEMA

pós rompimento da barragem (Tabelas 5.36 a 5.38). Na época do rompimento da barragem, foram realizadas obras de fechamento do canal de interligação, entre a lagoa e o rio Doce, para evitar que fosse atingida pela lama de rejeito. O canal que liga a lagoa Juparanã ao rio Doce é chamado de rio Pequeno. Esse fato certamente está acarretando em alteração de parâmetros físicos-químicos da lagoa, pois a hidrodinâmica de renovação da água da lagoa pelo rio não irá mais ocorrer.

Com base nos dados físico químicos registrados na perfilagem vertical da Lagoa Juparanã (ANEXO V), não verificou-se estratificação em relação aos parâmetros pH, temperatura, condutividade elétrica, temperatura, turbidez e oxigênio dissolvido em nenhum ponto dessa lagoa nesses três primeiros meses de monitoramento. Observa-se apenas uma ligeira variação no potencial redox no ponto LJP 03 que é o ponto mais profundo.

De acordo com os dados de monitoramento do IEMA, a **lagoa Nova** chegou a apresentar pós rompimento da barragem, concentrações de alumínio dissolvido, cobre dissolvido, fósforo total, manganês total, OD e DBO fora dos limites legais, porém nas campanhas do PMQQS de agosto, setembro e outubro de 2017 todas as concentrações desses elementos, apresentam-se dentro dos limites legais (Tabela 5.39 a 5.41). Observou-se apenas os parâmetros pH e *E.coli* fora dos limites legais nesses três primeiros meses de monitoramento.

A lagoa Nova é alimentada principalmente pelo rio Bananal, sendo ele o canal que a liga ao rio Doce. Devido as chuvas a prefeitura de Linhares solicitou em novembro de 2015 o fechamento do canal que liga a lagoa Nova ao rio Doce.

Os dados físicos químicos registrados na perfilagem vertical da Lagoa Nova (ANEXO V), não verificou-se estratificação em relação a nenhum parâmetro físico químico de campo e em nenhum ponto dessa lagoa nesses três primeiros meses de monitoramento, com apenas uma variação no potencial redox. Estudos realizados nessa lagoa antes do rompimento da barragem indicam boa qualidade de água da lagoa, com uma elevada transparência, turbidez reduzida, perfil térmico desestratificado no período seco e frio e estratificado no período úmido e quente, corroborados pelo número de Wedderburn (Gonçalves, 2015). As informações obtidas nesses três primeiros meses de monitoramento são coerentes com os estudos realizados nessa lagoa e após análise de período chuvoso será possível avaliar melhor essa questão da estratificação.

Mesmo após a ruptura da barragem não se observa um significativo impacto na qualidade de água da lagoa Nova.

A **lagoa Monsarás** é monitorada em dois pontos, um próximo ao canal que liga a lagoa ao rio Doce e o outro, próximo ao projeto TAMAR e área de contato com o mar (Tabelas 5.42 e 5.43). O rio Monsarás é o canal principal que liga as lagoas Martins, Piaba e Monsarás ao rio Doce no período de cheias. Durante as cheias de janeiro de 2016, os materiais do rompimento da barragem de Fundão adentraram no canal atingindo a lagoa. Destaca-se que o canal que liga a lagoa ao rio Doce foi fechado em novembro de 2015 e continua até hoje, através de uma solicitação da Secretaria de Meio Ambiente de Linhares.

Com base nos dados de monitoramento do IEMA, no ponto LMN01, observam-se concentrações dos seguintes parâmetros acima dos valores preconizados na Resolução CONAMA 357/05: alumínio dissolvido, cobre dissolvido, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais e turbidez. Entretanto, no presente trabalho, somente nas campanhas realizadas em agosto e setembro/17, observa-se elevadas concentrações de cloreto, nos dois pontos dessa lagoa e nas duas profundidades, apresentando concentração 1.572 mg/L no ponto em contato com o mar na profundidade I. Estas ocorrências podem ser um indicativo de intrusão de água salina na lagoa. Observa-se também, concentrações de manganês total e sólidos dissolvidos totais, acima dos limites legais, nos dois pontos da lagoa e nas duas profundidades monitoradas.

A **lagoa do Areal** apresentou, com base nos dados pós rompimento do IEMA, concentrações de alumínio dissolvido, DBO, ferro dissolvido, fósforo, manganês total e turbidez desenquadrados, com base na legislação vigente (Tabela 5.44) enquanto na **lagoa do Areão** apresentou alumínio dissolvido, DBO, ferro dissolvido e OD (Tabela 5.45 e 5.46). Essas lagoas apresentaram ocorrências de alumínio dissolvido, acima dos limites legais, nas duas profundidades amostradas na campanha de agosto (Tabelas 5.45 e 5.46). Contudo, no monitoramento realizado em setembro e outubro não foram verificadas essas ocorrências. O parâmetro ferro dissolvido, apresentou concentração em torno de 0,5 mg/L na lagoa do Areão (Prof. I e II) e 5 mg/L na lagoa Areal (Prof. I). Essa concentração de 5 mg/L está alta comparada com 1,4 mg/L na profundidade II e está coerente devido às alterações nas condições de oxidação-redução, mas esse comportamento só será possível avaliar nas próximas campanhas uma vez

que em setembro essa variação foi menor. A lagoa do Areal apresenta ainda o parâmetro cor desequilibrado, na ordem de 200 mgPt/L tanto no mês de agosto quanto no mês de setembro/17.

Vale destacar que apesar das lagoas Areal e Areão recebem águas do rio Doce em épocas de cheias, a qualidade das águas reportadas nas últimas campanhas é boa considerando os poucos parâmetros que estão acima dos VMP's e suas concentrações.

Conforme resultados obtidos para todas as lagoas nas profundidades amostradas, não se verificou estratificação significativa da coluna da água. Podem existir em lagos a estratificação da coluna de água em duas ou mais camadas horizontais, sendo que essa estratificação pode produzir camadas de água com características distintas. Em período de queda acentuada da temperatura, pode ocorrer a inversão das camadas e assim causar uma degradação da qualidade da camada mais superior da coluna de água. Esse fenômeno que pode ocorrer sazonalmente é conhecido como “*turn over*”. Esses eventos influenciam diretamente na química da água, misturando oxigênio dissolvido da superfície do lago para as colunas de águas mais profundas, e conseqüentemente, transportando as águas com baixo potencial redox, das porções mais baixas para a superfície, deteriorando a qualidade de água da seção epilimnio, assim como porções hipolimnio subóxicas ou anóxicas se tornam óxicas como resultado da mistura de lagos (Castendyk *et al.*, 2015).

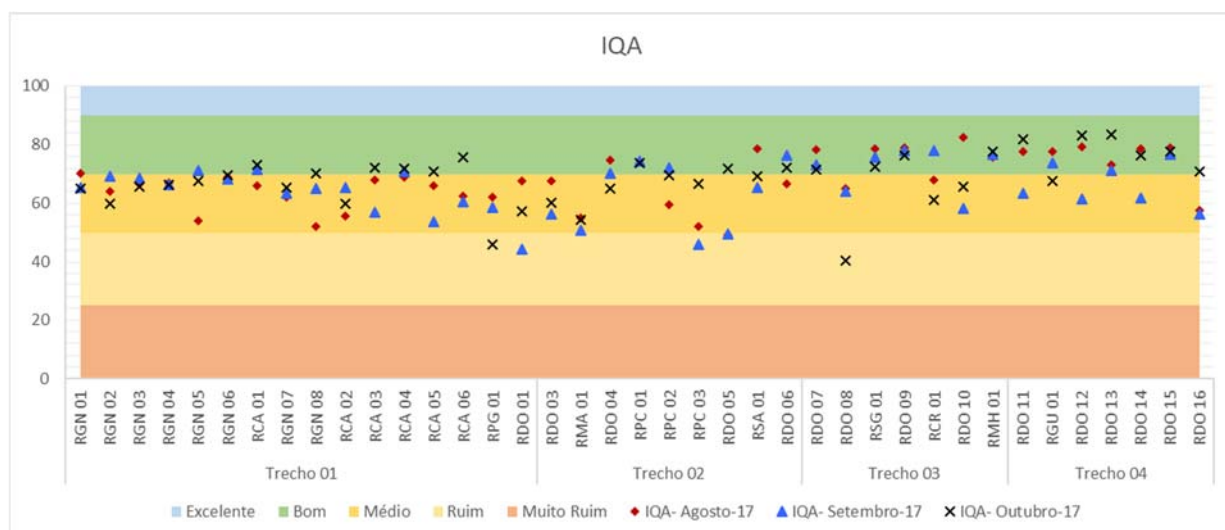
Nas próximas campanhas de monitoramento será possível aprofundar na discussão de sazonalidade e estratificação das lagoas e o comportamento da dinâmica aquática das lagoas do trecho 4 do monitoramento do PMQQS.

5.2.5 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O Índice de Qualidade da Água (IQA) criado pela National Sanitation Foundation em 1970, avalia a contaminação dos corpos hídricos superficiais em decorrência de diversos parâmetros, tais como: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, variação da temperatura da água, turbidez e sólidos totais. Esse índice, típico da avaliação do impacto ambiental de efluentes sanitários em corpo receptores, foi utilizado para classificar os dados da campanha de monitoramento dos meses de agosto/17 a outubro/17. Segundo esse índice, os corpos de água analisados nestas

campanhas podem ser classificados como de predominância de qualidade média, conforme observa-se na Figura 5.1, a seguir.

Figura 5.1: Índice de Qualidade de Águas (IQA) para os pontos de monitoramento do PMQQS



De modo geral, as águas do trecho 1 estão classificadas como **qualidade média** onde 100% dos dados ficaram nessa categoria no mês de agosto. Em setembro/17, 81,25 % dos pontos também apresentaram IQA médio e 6,25% das amostras foram classificadas como ruim (Ponto RDO 01) devido as elevadas concentrações de *E. coli*. Neste mesmo mês, 12,5% dos pontos foram classificados como boa devido a menores concentrações desse mesmo parâmetro. Verifica-se na campanha de outubro/17 uma melhora da qualidade da água em vários pontos relacionadas principalmente ao parâmetro *E. coli* onde 25% dos pontos foram classificados como boa.

O trecho 2 também apresenta predominância de classificação média, com alguns pontos, principalmente na campanha de setembro/17 que foram classificados como ruim devido a elevadas concentrações de *E. coli* (i.e. > 16.000 NMP/100mL), devido a lançamento de esgotos a montante desses pontos de coleta.

Nos trechos 3 e 4 a qualidade do rio Doce e seus afluentes, melhora um pouco mais, passando para a classificação bom do índice de qualidade, onde cerca de 71,43% dos dados apresentaram essa classificação nos meses de agosto/17 e setembro/17. No mês de outubro o percentual dessa categoria foi de 57%. Essa melhora da qualidade de água de montante para

jusante, é de se esperar devido a três fatores principais: 1- a distâncias da fonte principal de deterioração da qualidade do rio logo após o rompimento, que foi o rejeito da barragem rompida; 2 - o tempo de dois ciclos hidrológicos, que exercem um trabalho importante de renovação das águas da bacia e limpeza de seu leito de sedimentos e, por último; 3 - as estruturas de barramento hidroelétrico, que acabaram retendo grande parte do rejeito mais grosseiro, que poderia estar na calha do rio nesse trecho e dificultando a sua recuperação.

O índice de contaminação por tóxicos, que é mais aplicado a avaliação dos impactos da mineração, também apresentou resultados em coerência com o IQA, conforme pode ser observado a seguir.

5.2.6 Contaminação por Tóxicos - CT

As classificações de contaminação por tóxicos, em todos os trechos, em todas as campanhas monitoradas, são baixas e igual a 1. Os valores para os 13 parâmetros de substâncias tóxicas (arsênio total, bário total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cobre dissolvido, cromo total, fenóis totais, mercúrio total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total e zinco total), apresentam concentrações abaixo do limite e/ou não excedem 20% dos valores da norma, como mostrados nos laudos anteriormente citados.

Esse fato é de se esperar devido à característica do rejeito de mineração, que possui solubilidade baixa, conforme apresentado no embasamento técnico (ANEXO I). Apesar de conter metais tóxicos em sua estrutura mineral (i.e. cobre, chumbo, cádmio, etc) esses elementos estão estruturados em fase sólida de baixa solubilidade e portanto, não passíveis de aumentar a concentração destes, nas águas da bacia do rio Doce.

5.3 Descarga Líquida

Serão apresentados neste item, os resultados das três primeiras campanhas de descarga líquida, realizadas nos meses de agosto/17, setembro/17 e outubro/17. As medições de descarga líquida são realizadas mensalmente em conjunto com a amostragem de água.

Os locais de medição de descargas líquidas no estado de Minas Gerais e Espírito Santo, foram avaliados pelas equipes da Fundação Renova, IBAMA, ANA, IGAM, IEMA e AGERH.

As medições foram realizadas nos seguintes pontos: RGN 01, RGN 02, RGN 03, RGN 04, RGN 05, RGN 06, RGN 07, RGN 08, RCA 01, RCA 02, RCA 03, RCA 04, RCA 05, RCA 06, RPG 01, RDO 01, RDO 03, RMA 01, RDO 04, RPC 02, RPC 03, RDO 05, RSA 01M, RDO 07, RSG 01, RDO 09, RCR 01, RMH 01, RDO 11, RDO 12, RDO 14 e RDO 15. A Tabela 5.47 apresenta os resultados da campanha de medições realizadas nos meses de agosto, setembro e outubro de 2017.

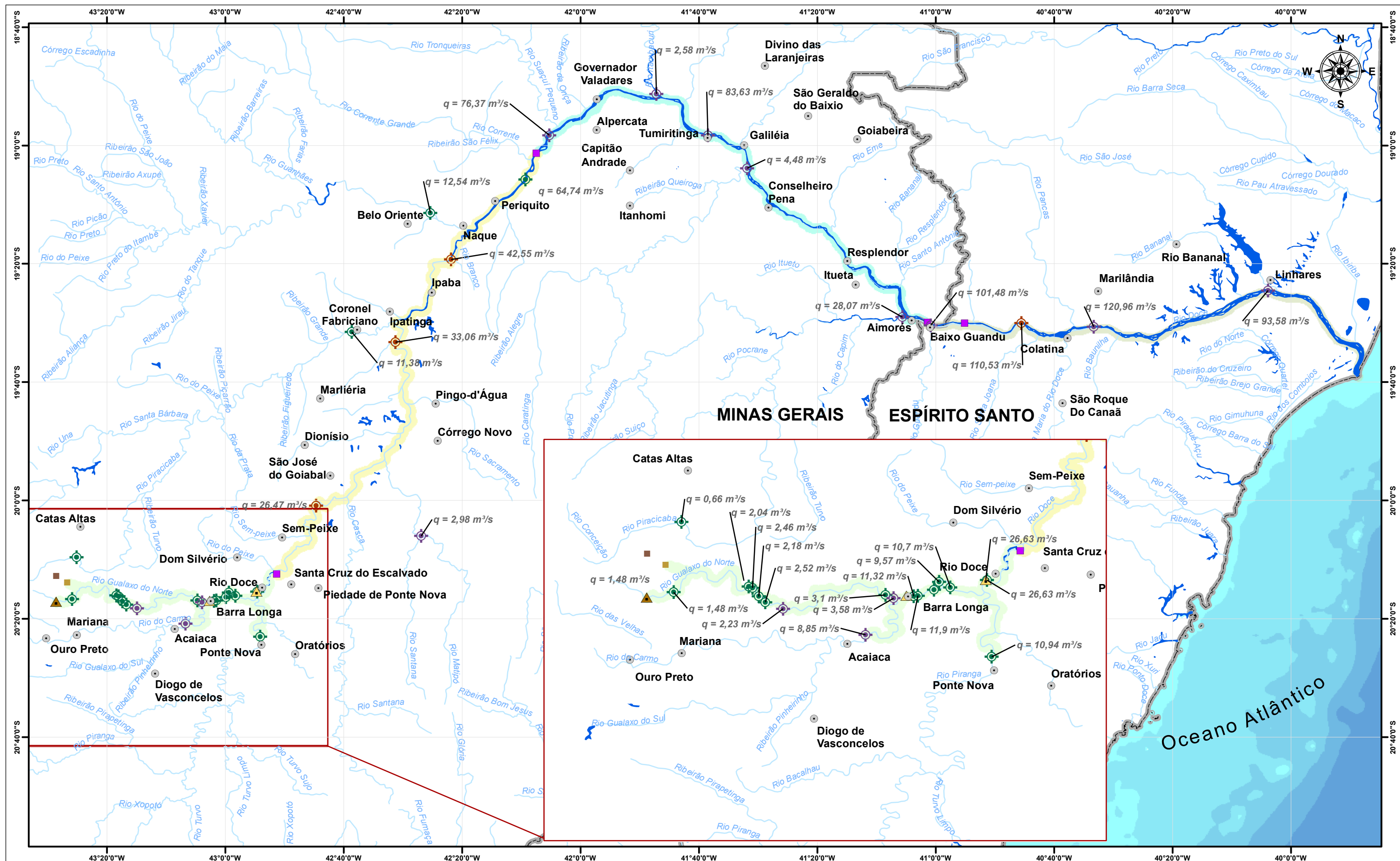
Cabe ressaltar que devido a perda do equipamento em campo da empresa responsável pela realização da amostragem de descarga líquida (vazão), não foi possível obter o dado de vazão dos pontos RPG01, RDO01, RDO03, RMA01 e RDO04 no mês de setembro/17.

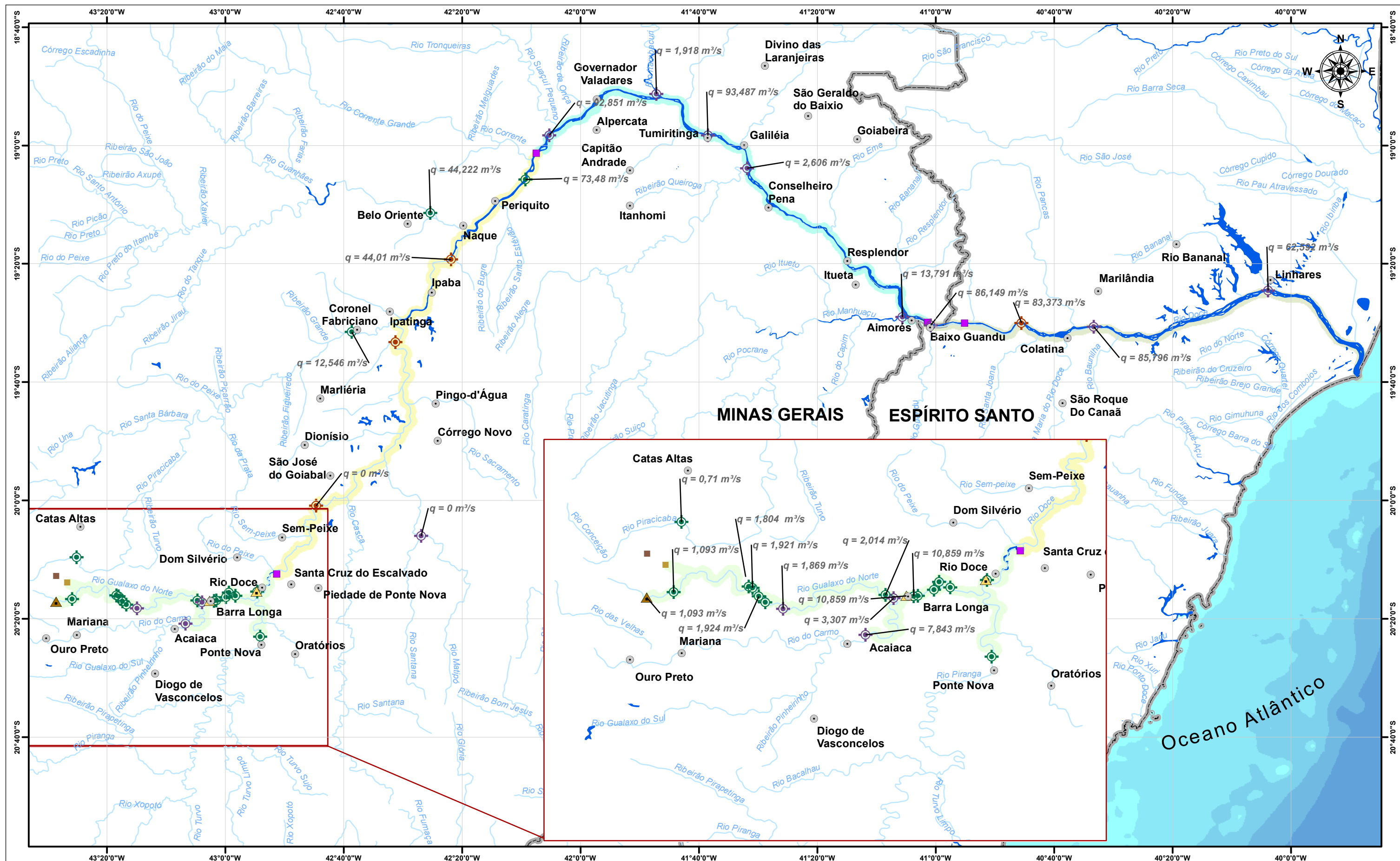
Tabela 5.47 - Pontos de amostragem de descarga líquida e respectivos valores

TRECHO 1							
Código	Descrição	ago/17		set/17		out/17	
		Data Medição	Vazão m³/s	Data Medição	Vazão m³/s	Data Medição	Vazão m³/s
RGN 01	Mariana - Gualaxo Norte 01	07/ago/17	1,47	04/set/17	1,09	03/out/17	1,48
RGN 02	Mariana - Gualaxo Norte 02	07/ago/17	2,40	04/set/17	1,80	04/out/17	2,04
RGN 03	Mariana - Gualaxo Norte 03	07/ago/17	2,40	04/set/17	1,92	04/out/17	2,46
RGN 04	Mariana - Gualaxo Norte 04	08/ago/17	2,31	05/set/17	1,92	04/out/17	2,18
RGN 05	Mariana - Gualaxo Norte 05	08/ago/17	2,36	05/set/17	2,21	05/out/17	2,52
RGN 06	Mariana - Gualaxo Norte 06	08/ago/17	2,44	06/set/17	1,87	05/out/17	2,23
RCA 01	Acaiaca - Carmo 01	09/ago/17	9,17	12/set/17	7,84	06/out/17	8,85
RGN 07	Mariana - Gualaxo Norte 07	10/ago/17	3,19	11/set/17	2,01	05/out/17	3,1
RGN 08	Barra Longa - Gualaxo Norte 08	09/ago/17	3,39	11/set/17	3,31	06/out/17	3,58
RCA 02	Barra Longa - Carmo 02	10/ago/17	12,66	12/set/17	10,86	09/out/17	11,32
RCA 03	Barra Longa - Carmo 03	11/ago/17	13,66	13/set/17	11,26	09/out/17	11,9
RCA 04	Barra Longa - Carmo 04	11/ago/17	16,13	15/set/17	11,23	10/out/17	8,14
RCA 05	Barra Longa - Carmo 05	14/ago/17	13,82	18/set/17	7,40	10/out/17	9,57
RCA 06	Barra Longa - Carmo 06	14/ago/17	15,52	18/set/17	10,18	11/out/17	10,7
RPG 01	Ponte Nova - Piranga 01	15/ago/17	18,00	*	*	16/out/17	10,94
RDO 01	Rio Doce - Doce 01	16/ago/17	36,63	*	*	16/out/17	26,63
TRECHO 2							
RDO 03	Sao Domingos do Prata - Doce 03	16/ago/17	32,60	20/09/2017	24,782	17/out/17	26,47
RMA 01	Raul Soares - Matipo 01	17/ago/17	3,39	21/09/2017	4,026	17/out/17	2,98
RDO 04	Bom Jesus do Galho - Doce 04	17/ago/17	44,64	*	*	18/out/17	33,06
RPC 02	Mariana - Piracicaba 02	17/ago/17	0,81	27/set/17	0,71	03/out/17	0,66
RPC 03	Timoteo - Piracicaba 03	18/ago/17	17,99	25/set/17	12,55	18/out/17	11,38
RDO 05	Belo Oriente - Doce 05	18/ago/17	64,41	25/set/17	44,01	19/out/17	42,55
RSA 01M	Belo Oriente - Santo Antonio 02	22/ago/17	12,12	22/set/17	44,22	20/out/17	12,54
RDO 06	Periquito - Doce 06	23/ago/17	79,56	22/set/17	73,48	20/out/17	64,74
TRECHO 3							
RDO 07	Governador Valadares - Doce 07	07/ago/17	87,82	04/set/17	92,85	03/out/17	76,37

TRECHO 1							
Código	Descrição	ago/17		set/17		out/17	
		Data Medição	Vazão m³/s	Data Medição	Vazão m³/s	Data Medição	Vazão m³/s
RSG 01	Governador Valadares - Suacui 01	08/ago/17	13,84	05/set/17	1,92	04/out/17	2,58
RDO 09	Tumiritinga - Doce 09	08/ago/17	106,01	05/set/17	93,49	04/out/17	83,63
RCR 01	Conselheiro Pena - Caratinga 01	09/ago/17	3,54	06/set/17	2,61	05/out/17	4,48
RMH 01	Aimores - Manhuacu 01	10/ago/17	17,79	12/set/17	13,79	06/out/17	28,07
TRECHO 4							
RDO 11	Baixo Guandu - Doce 11	11/ago/17	120,57	13/set/17	86,15	10/out/17	101,48
RDO 12	Colatina - Doce 12	11/ago/17	105,68	15/set/17	83,37	17/out/17	110,53
RDO 14	Colatina - Doce 14	15/ago/17	142,27	19/set/17	85,80	17/out/17	120,96
RDO 15	Linhares - Doce 15	16/ago/17	132,32	20/set/17	62,59	18/out/17	93,58

De acordo as vazões apresentadas na Tabela 5.47 observa-se, de modo geral, uma queda nos valores de vazão de agosto/17 para setembro/17. Em outubro/17 as vazões se elevam, mas na maioria das estações, ainda são menores que no mês de agosto/17. Essas oscilações das vazões nesses três primeiros meses apresentam baixa amplitude, com exceção da estação RSG 01 no rio Suaçuí Grande, onde a queda de vazão de agosto para setembro foi representativa, passando de um valor de 13,84 m³/s para 1,92 m³/s. As figuras a seguir apresentam os mapas de vazão para cada mês de monitoramento. Observa-se coerência nos valores e aumento gradativo da vazão do rio Doce, à medida que recebe os afluentes.





CONVENÇÕES/LEGENDA

- Sede Municipal
- Barragem Santarém
- Barragem do Fundão
- Estação Automática Tipo I
- Estação Automática Tipo II
- Ponto de Amostragem Manual
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo I
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo II

- UHE em operação
- Curso d'água
- Limite Estadual
- Massa d'água
- Trecho Entre Mina até a EHE Riisoleta Neves
- Trecho Entre a UHE Riisoleta Neves até a UHE Baguari
- Trecho Entre a UHE Baguari até a UHE Aimorés
- Trecho Entre a UHE Aimorés até a foz do Rio Doce

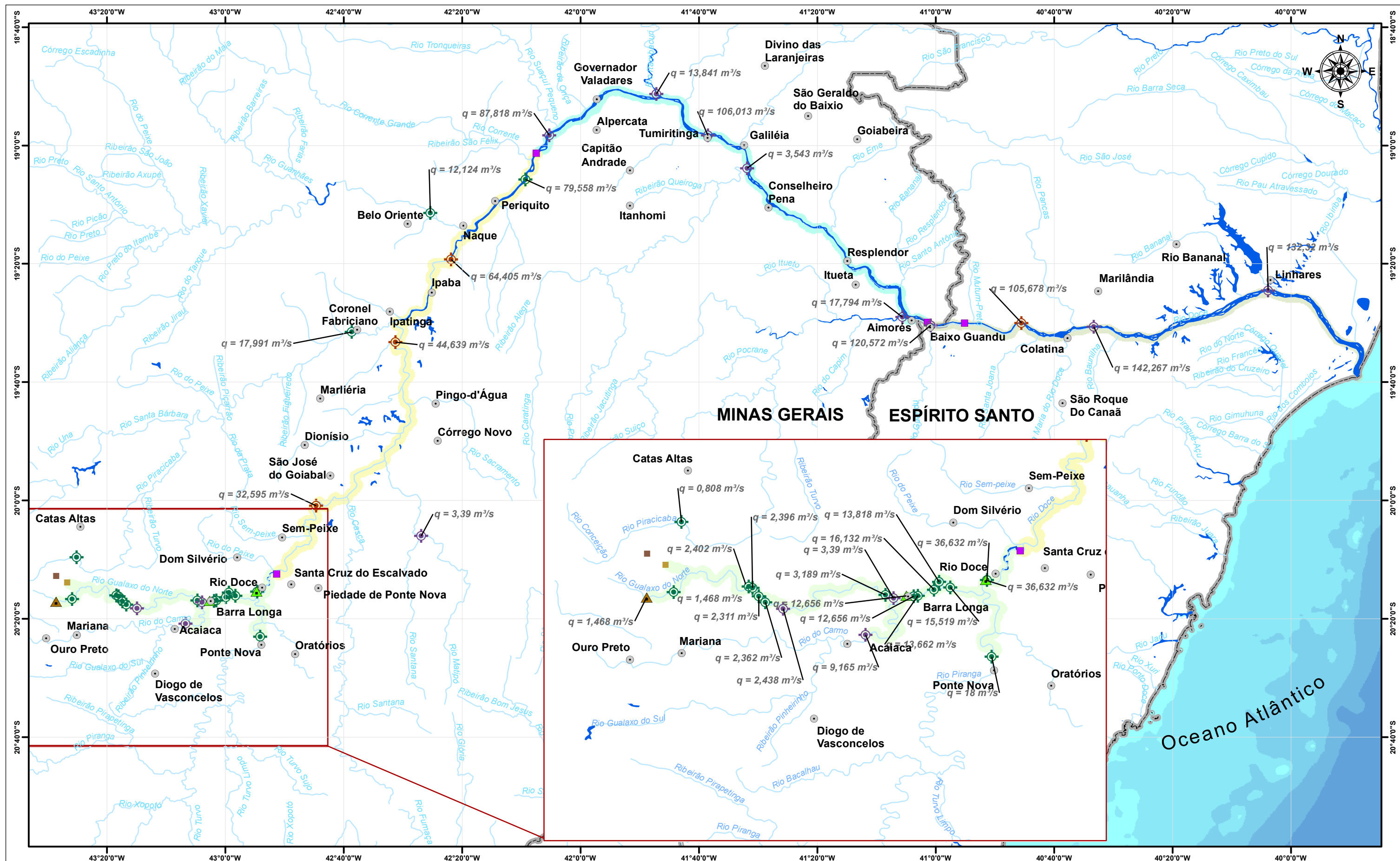
Encarte de Localização



Projeto: **PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO (PMQQS) DA BACIA DO RIO DOCE**

Título: **Figura 5.3: Mapa de Localização dos Pontos de Medição de Vazão (Descarga Líquida) e Valores Medidos em Setembro de 2017**

Execução: João Filho | Data: 25/01/2018 | Escala: 1:1.100.000 | Revisão: Caroline Zanetti | Aprovação: Flávio Vasconcelos



CONVENÇÕES/LEGENDA

- Sede Municipal
- Barragem Santarém
- Barragem do Fundão
- Estação Automática Tipo I
- Estação Automática Tipo II
- Ponto de Amostragem Manual
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo I
- Ponto de Amostragem Manual e Estação Automática Tipo II

- UHE em operação
- Curso d'água
- Limite Estadual
- Massa d'água
- Trecho Entre Mina até a EHE Riisoleta Neves
- Trecho Entre a UHE Riisoleta Neves até a UHE Baguari
- Trecho Entre a UHE Baguari até a UHE Aimorés
- Trecho Entre a UHE Aimorés até a foz do Rio Doce

Encarte de Localização



Projeto: PROGRAMA DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO SISTEMÁTICO (PMQQS) DA BACIA DO RIO DOCE

Título: Figura 5.2: Mapa de Localização dos Pontos de Medição de Vazão (Descarga Líquida) e Valores Medidos em Agosto de 2017

Execução: João Filho

Data: 25/01/2018

Escala: 1:1.100.000

Revisão: Caroline Zanetti

Aprovação: Flávio Vasconcelos

0 5 10 20 30 40 km
Sistema de Coordenadas Geográficas
Datum SIRGAS2000



5.4 Avaliação do Transporte de Carga de Poluentes para os Parâmetros de Interesse

Neste item será realizado uma avaliação do transporte de carga de poluentes obtidos através dos dados de descarga líquida e parâmetros físico-químicos obtidos por meio das análises químicas laboratoriais.

Os gráficos a seguir apresentam a distribuição espacial das cargas de poluentes, reportados em ton/mês para os parâmetros de maior interesse: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês dissolvido, sólidos totais dissolvidos e sólidos suspensos totais. Somente faz sentido analisar os parâmetros de metais dissolvidos (ex. alumínio, ferro, manganês) ou de ânions, tais como fósforo, nitrato e nitrito ou o parâmetro de sólidos totais dissolvidos, uma vez que o processo de preservação das amostras pode solubilizar metais particulados e poderá interferir nos resultados. Ao filtrar as amostras em campo, se assegura a integridade da amostra de água coletada, evitando que ocorram reações de adsorção de metais em material particulado em suspensão (US EPA, 1996) e desta forma representa melhor o que realmente está em solução.

Gráfico 5.29: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro alumínio dissolvido.

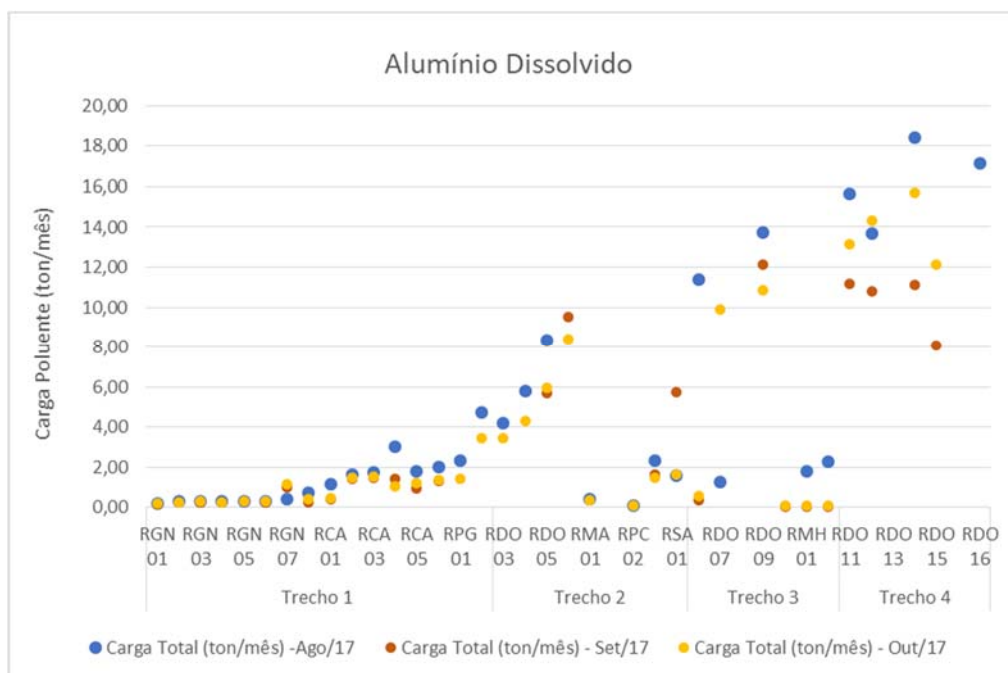


Gráfico 5.30: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro ferro dissolvido.

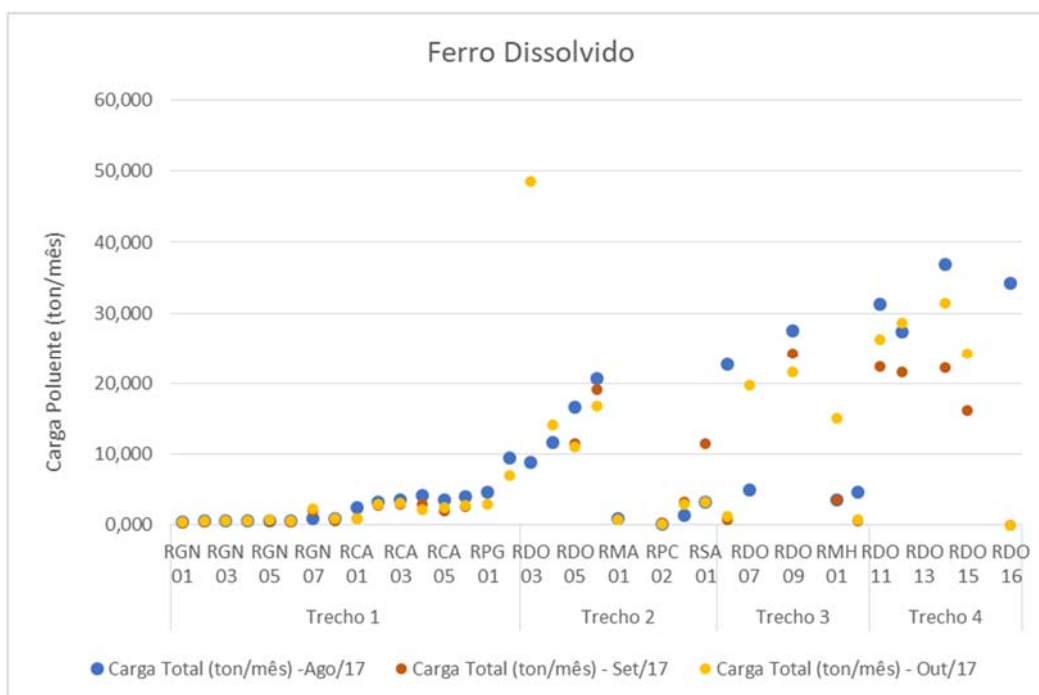
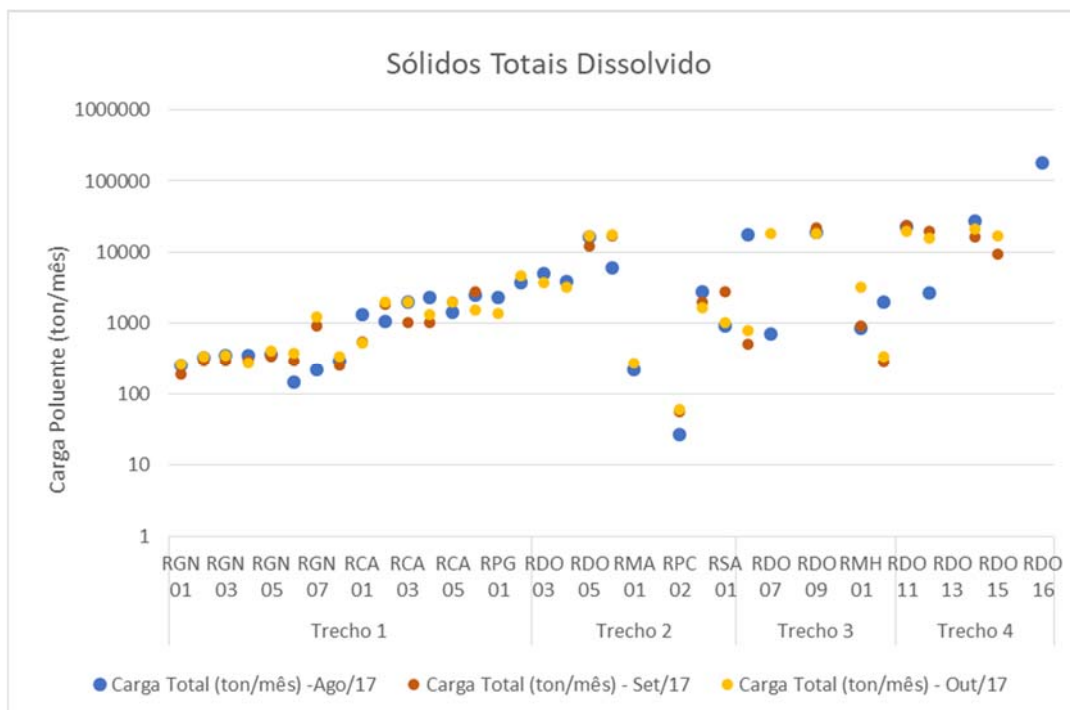


Gráfico 5.31: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro sólidos totais dissolvidos.



O comportamento do alumínio é de aumento exponencial, mas inferior ao aumento do ferro e manganês dissolvido, que possuem comportamento muito semelhante como seria de se

esperar. Os óxidos de alumínio (Al_2O_3) são menos abundantes do que os óxidos de ferro e manganês, também menos solúveis (STUMM E MORGAM, 1998).

Gráfico 5.32: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro manganês dissolvido.

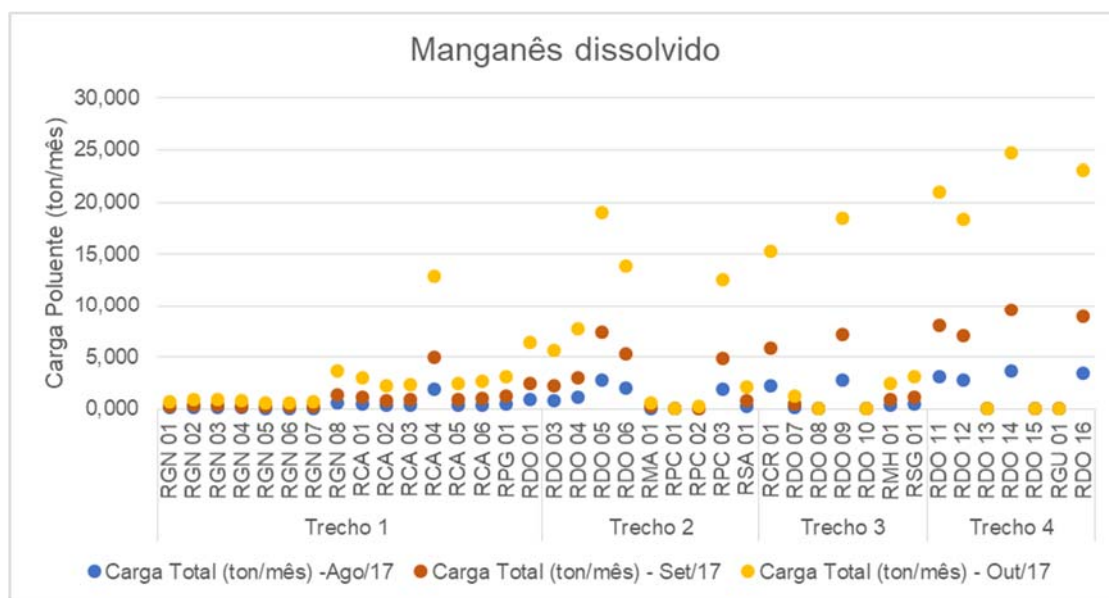


Gráfico 5.33: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro fósforo.

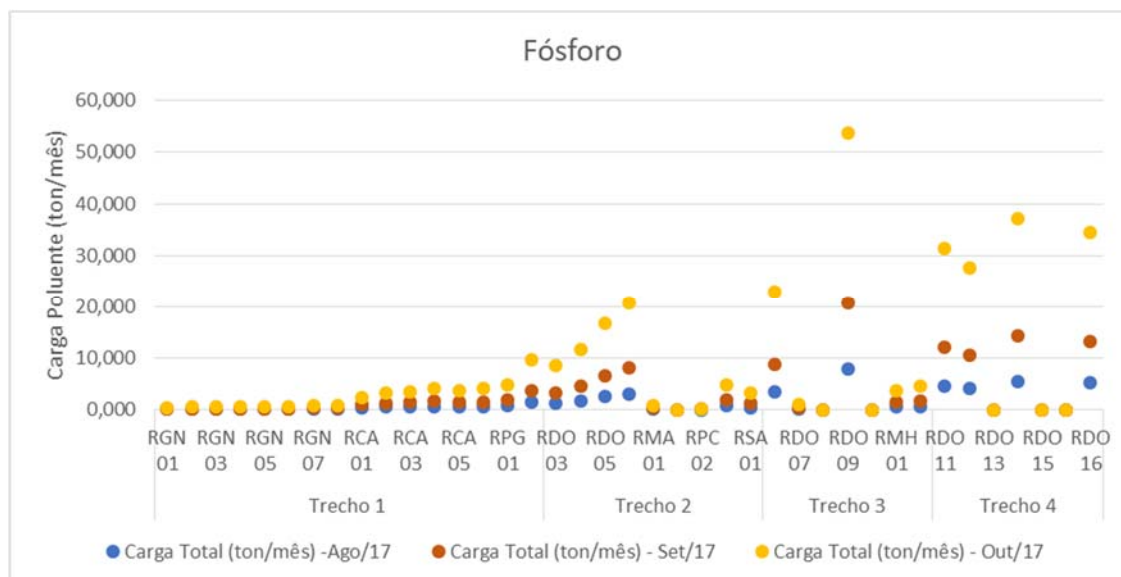


Gráfico 5.34: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro nitrato.

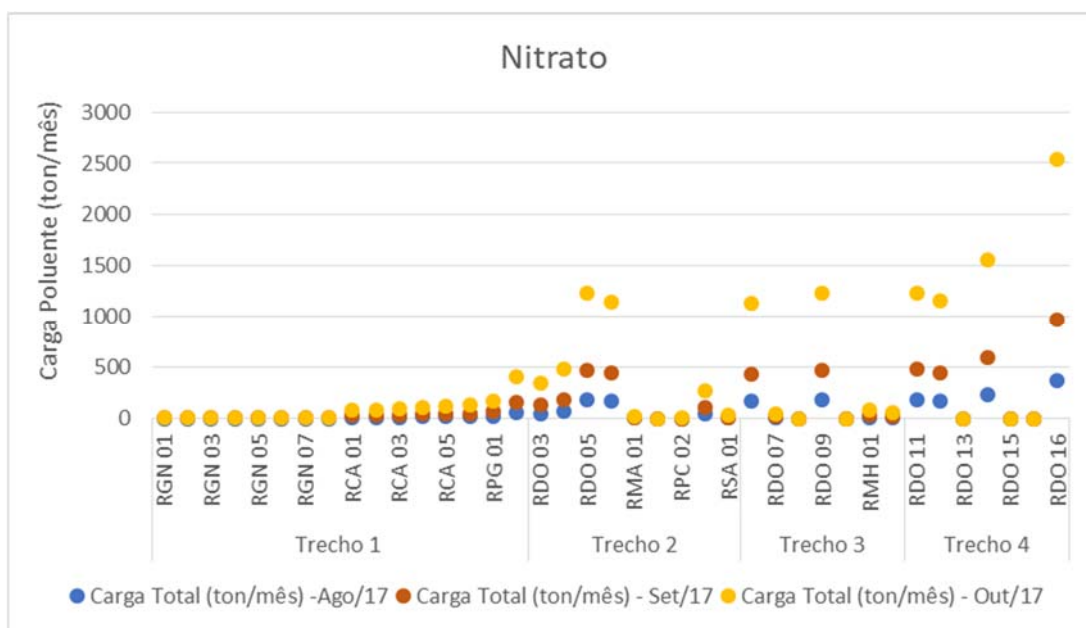
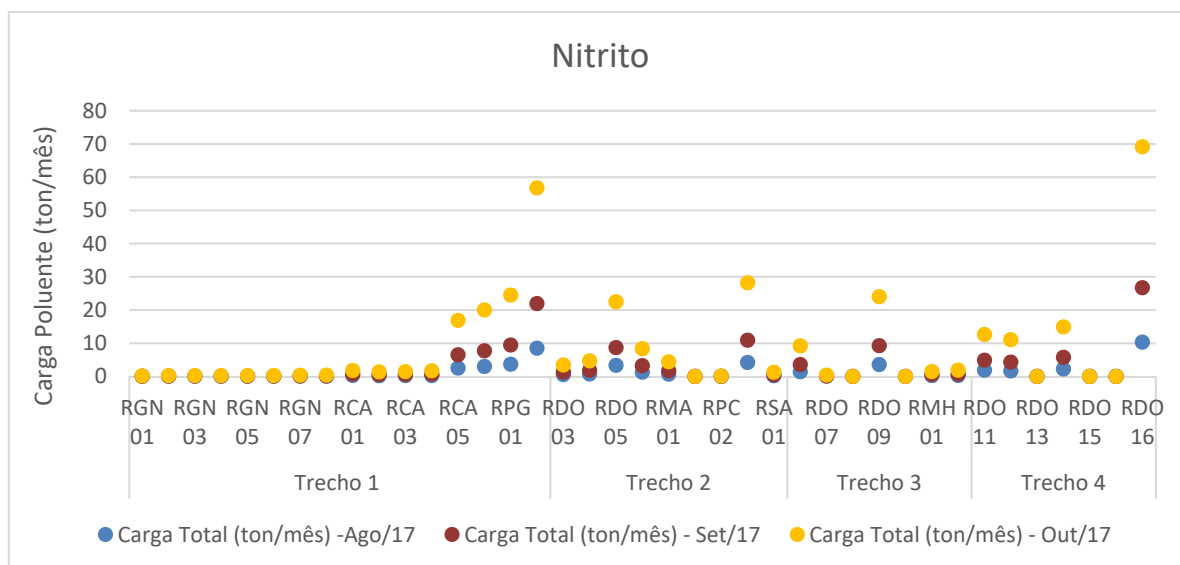


Gráfico 5.35: Carga Poluente (ton/mês) para o parâmetro nitrito.



Os ânios por sua vez também apresentam comportamento coerente. Nas áreas mais a montante (Trecho 1) apresentam baixa concentração, pois são mais insolúveis na faixa de pH encontrados nesse trecho e na medida que a bacia investigada recebe suporte de outras drenagens com concentração de fósforo, nitrato e nitrito provenientes de fontes pontuais e não pontuais de esgoto doméstico e rural, essas concentrações aumentam. O nitrato por ser o composto mais solúvel e estável na faixa de pH das drenagens investigadas, apresenta assim concentrações bem maiores do que os outros dois parâmetros, que por sua vez apresentam concentrações de mesma ordem de grandeza.

Observa-se portanto uma coerência nos resultados sendo que o parâmetro sólidos totais dissolvidos apresenta valores maiores do que todos os demais parâmetros como seria de se esperar e uma tendência de aumento de montante para jusante com o aumento da vazão da bacia.

Os metais Fe, Mn e Al apresentam cargas normais e coerentes em termos de solubilidade e abundância geoquímica. No trecho mais a montante devido as obras de contenções a descarga desse metais é bem menor e na medidade que o rio Doce recebe outros afluentes que possuem uma carga natural desse metais os valores aumentam gradativamente chegando a níveis esperados para descarga de uma bacia desse porte (Hem, J. 1985).

5.5 Qualidade das Águas Superficiais - Estuário e Zona Costeira

Os dados de águas superficiais da região costeira foram avaliados e comparados com a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (Águas salobras e salinas-classe 1), que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

5.5.1 Estuário

Os pontos de amostragem da região estuarina, conforme definidos no PMQQS, contemplam ao norte da foz os municípios de Linhares/ES, São Mateus/ES, Conceição da Barra/ES, Mucuri/BA, Nova Viçosa/BA e Caravelas/BA. Ao Sul da Foz contemplam os municípios de Aracruz/ES e Fundão/ES.

As tabelas a seguir, apresentam os resultados das análises químicas da campanha de amostragem dos meses de agosto/17, setembro/17 e outubro/17 agrupados por municípios, apresentando os resultados em duas profundidades P-15 (15 cm da superfície) e P-50 (50 cm do fundo) conforme definido no PMQQS (Tabela 5.48 a 5.65).

Os valores foram comparados com a Resolução CONAMA 357/05 – Águas Salobras-Classe 1 (Artigo 21).

Tabela 5.48 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Caravelas – Nova Viçosa/BA.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Caravelas/Nova Viçosa					
			ERC 01					
			30/ago/17 08:10 P-15	30/ago/17 08:18 P-50	21/set/17 15:50 P-15	21/set/17 15:18 P-50	24/out/17 14:25 P-15	24/out/17 14:30 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	0,8	1,1	7	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.020	59.000	49.680	49.590	97.560	97.990
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	330	330	1.400	<18	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,047	0,073	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,028	0,028	0,006	0,007	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,00	5,00	3,70	3,71	2,23	2,18
pH	-	6,5-8,5	8,10	8,70	8,23	8,24	7,72	7,68
Salinidade	mg/L	-	40,10	40,90	32,45	32,50	35,52	35,48
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	51.860	40.230	34.454	34.718	39.622	38.382
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	22	12	63	66	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,41	25,40	26,16	26,19	27,17	27
Turbidez	NTU	-	6,7	6,5	13,4	13,6	4,7	4,0
Zinco total	mg/L	0,09	0,028	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.49 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Caravelas – Caravelas/BA.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Caravelas/Caravelas					
			ERC 02					
			30/ago/17 08:36 P-15	30/ago/17 08:41 P-50	21/set/17 12:41 P-15	21/set/17 12:50 P-50	23/out/17 19:00 P-15	23/out/17 19:21 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	1,2	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.250	59.050	52.350	53.130	104.700	103.100
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	1.700	2.400	700	330	130	130
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,043	<0,010	<0,010	0,017	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,032	0,033	<0,002	0,008	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	4,83	4,80	5,19	4,15	4,74	4,08
pH	-	6,5-8,5	8,08	8,06	8,43	8,43	8,03	7,96
Salinidade	mg/L	-	39,65	39,63	34,20	35,05	29,8	31,6
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	41.328	42.952	36.160	37.667	40.209	35.803
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	35	52	26	44	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,95	24,94	24,88	25,04	24,1	23,5
Turbidez	NTU	-	5,1	5,0	22,2	34,3	3,9	4,6
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.50 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Mucuri- Mucuri/BA.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Mucuri/Mucuri					
			ERU 01					
			30/ago/17 18:07 P-15	30/ago/17 18:14 P-50	21/set/17 13:28 P-15	21/set/17 13:32 P-50	26/out/17 09:42 P-15	26/out/17 09:49 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	2,8	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	38.740	38.710	54.950	53.890	22.500	24.240
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	20	700	490	2.800	330
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	0,117	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,014	0,013	0,019	0,075	0,026	0,015
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,12	0,11	<0,07	<0,07	0,37	0,37
Nitrato	mg/L	0,07	0,041	0,036	0,011	0,014	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,33	5,31	3,63	4,00	4,00	3,70
pH	-	6,5-8,5	7,84	7,82	8,46	8,44	6,70	7,20
Salinidade	mg/L	-	24,68	24,67	36,41	36,37	23,70	22,92
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	28.373	26.152	38.720	36.954	16.572	17.650
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	10	48	21	23	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	22,53	22,5	25,54	25,39	29,30	29,18
Turbidez	NTU	-	4,81	4,8	43,1	44,1	9,8	10,9
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.51 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Itaúnas- Conceição da Barra/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Itaúnas 01					
			EIT 01					
			21/ago/17 13:15 P-15	21/ago/17 13:11 P-50	21/set/17 17:05 P-15	21/set/17 17:12 P-50	26/out/17 16:05 P-15	26/out/17 16:08 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	0,93	6,5	1,7	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	38.290	58.990	54.410	54.400	21.410	22.780
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	78	230	1.100	700	330	700
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	0,049	0,058	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,02	0,018	0,042	0,051	0,024	0,026
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,21	0,27
Nitrito	mg/L	0,07	0,005	0,006	0,008	0,008	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	4,80	4,91	3,17	3,15	3,8	4,2
pH	-	6,5-8,5	8,10	8,12	8,45	8,43	6,88	7,1
Salinidade	mg/L	-	38,60	39,58	35,94	35,90	21,54	19,76
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	41.275	40.088	37.452	36.969	16.318	14.913
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	26	38	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,51	25,97	26,54	26,39	26,18	22,78
Turbidez	NTU	-	38,7	33,2	21,4	20,8	10,7	11,3
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.52 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Itaúnas- Conceição da Barra/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Itaúnas 02					
			EIT 02					
			21/ago/17 14:03 P-15	21/ago/17 14:15 P-50	21/set/17 17:40 P-15	21/set/17 17:47 P-50	26/out/17 16:25 P-15	26/out/17 16:30 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	1,5	4	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.000	58.150	56.380	55.980	20.210	21.050
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	230	2.200	<18	2.800	330	700
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	0,039	0,048	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,016	0,015	0,037	0,042	0,024	0,025
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	0,23
Nitrito	mg/L	0,07	0,005	0,003	0,012	0,008	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	4,92	4,89	4,02	4,00	4,8	4,2
pH	-	6,5-8,5	8,12	8,09	8,13	8,11	6,18	6,26
Salinidade	mg/L	-	39,36	39,10	35,94	35,92	25,18	25,44
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	41.376	42.844	36.216	18.800	12.720	12.481
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	14	<10	49	318	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	25,56	25,30	25,14	25,12	27,37	27,18
Turbidez	NTU	-	25,0	24,9	20,4	20,8	10,7	11,3
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.53 - Dados de Monitoramento dos estuários Cricaré- Conceição da Barra/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Cricaré 01					
			ECR 01					
			21/ago/17 06:55 P-15	21/ago/17 07:04 P-50	20/set/17 17:13 P-15	20/set/17 17:28 P-50	23/out/17 18:16 P-15	23/out/17 18:34 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.550	59.740	88.040	89.030	103.200	102.600
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	490	230	490	2.200	20	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	0,034	0,034	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,09	0,2	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,006	0,008	0,015	0,017	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	4,69	4,68	4,44	4,08	4,61	4,07
pH	-	6,5-8,5	8,13	8,14	8,10	8,12	7,80	7,68
Salinidade	mg/L	-	39,91	40,06	63,40	63,35	36,12	35,1
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	49.939	39.257	37.217	36.721	39.056	39.081
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	191	164	<10	11
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,14	23,01	24,07	23,77	23,1	23
Turbidez	NTU	-	9,5	10,7	39,7	42,0	5,4	4,8
Zinco total	mg/L	0,09	0,199	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.54 - Dados de Monitoramento dos estuários Cricaré- Conceição da Barra/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Cricaré 02					
			ECR 02					
			21/ago/17 06:16 P-15	21/ago/17 06:25 P-50	20/set/17 16:20 P-15	20/set/17 16:31 P-50	24/out/17 14:25 P-15	24/out/17 14:30 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.160	59.510	84.800	88.550	100.400	100.600
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	330	20	700	330	130	78
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	0,074	0,089	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	0,053	0,053	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	0,22	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,005	0,006	0,024	0,016	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	4,51	4,55	4,06	4,05	1,89	1,78
pH	-	6,5-8,5	7,98	8,13	8,04	8,07	7,72	7,81
Salinidade	mg/L	-	39,63	39,89	43,12	42,95	35,52	35,52
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	41.766	39.030	37.389	38.527	16.890	39.862
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	23	14	46	261	25	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,01	23,24	25,27	25,02	26,87	26,8
Turbidez	NTU	-	9,9	37,9	61,13	60,15	4,3	4,3
Zinco total	mg/L	0,09	0,193	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.55 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Barra Nova- São Mateus/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Barra Nova 01					
			EBN 01					
			30/ago/17 09:10 P-15	30/ago/17 09:16 P-50	22/set/17 08:49 P-15	22/set/17 08:55 P-50	26/out/17 14:21 P-15	26/out/17 14:30 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	7,4	7,3
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	1	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	42.380	42.350	56.300	56.260	39.400	37.830
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	230	110	230	330	40	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,386	0,386
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,012	0,013	0,019	0,017	1,1	1,0
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,017	0,016
Nitrato	mg/L	0,4	3,2	0,92	0,12	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,019	0,02	0,018	0,011	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,15	5,10	4,13	4,10	3,7	4,1
pH	-	6,5-8,5	7,89	7,80	8,41	8,39	7,24	6,92
Salinidade	mg/L	-	28,78	28,72	37,43	37,40	20,22	21,25
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	32.379	36.176	39.486	38.767	23.766	34.024
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	28	<10	36	20	<10	15
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,75	23,73	24,50	24,81	30,88	29,92
Turbidez	NTU	-	4,8	4,7	14,1	14,0	9,2	10,2
Zinco total	mg/L	0,09	0,092	0,21	<0,010	<0,010	0,042	0,13

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.56 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Barra Nova- São Mateus/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Barra Nova 02					
			EBN 02					
			30/ago/17 09:37 P-15	30/ago/17 09:42 P-50	22/set/17 08:15 P-15	22/set/17 08:20 P-50	26/out/17 09:45 P-15	26/out/17 13:37 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	7,6	7,6
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	44.560	44.380	54.920	53.980	34.010	34.030
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	490	<18	490	230	<18	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,362	0,396
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	0,015	0,022	0,017	1,1	1,0
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,018	0,017
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	1,3	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,018	0,023	0,022	0,029	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,95	3,90	4,30	4,28	3,49	3,44
pH	-	6,5-8,5	7,85	7,79	8,36	8,34	5,15	5,13
Salinidade	mg/L	-	28,83	28,79	36,42	30,40	21,22	21,18
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	33.841	30.066	38.439	38.420	30.009	24.627
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	75	48	38	21	15	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,20	24,18	24,16	24,15	27,57	27,48
Turbidez	NTU	-	4,3	4,2	20,2	20,1	<0,10	0,1
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	0,208	<0,010	<0,010	0,05	0,042

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.57 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Ipiranga- Linhares/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Ipiranga 01					
			ERI 01					
			18/ago/17 16:25 P-15	18/ago/17 16:32 P-50	22/set/17 06:09 P-15	22/set/17 06:14 P-50	25/out/17 13:07 P-15	25/out/17 13:50 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	0,16	1,50	<0,050	<0,050	<0,050	0,079
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	58.990	58.530	56.900	56.860	54.870	53.080
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	<18	130	78	20	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,202	0,352	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,394	0,616	0,015	0,015	0,027	0,028
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	0,017	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	2,5	<0,07	<0,07	<0,07	0,44	0,31
Nitrito	mg/L	0,07	0,079	0,008	0,012	0,013	<0,002	<0,002
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,45	5,57	3,92	3,96	5,53	4,72
pH	-	6,5-8,5	6,87	6,89	8,45	8,43	7,67	8,12
Salinidade	mg/L	-	39,49	39,13	37,87	37,85	37,63	36,78
Solidos dissolvidos totais	mg/L	-	40.306	47.028	39.408	38.739	781	1.071
Solidos suspensos totais	mg/L	-	27	31	64	39	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,36	26,50	24,84	24,80	28,81	28,14
Turbidez	NTU	-	7,6	7,4	15,2	13,0	11,2	11,8
Zinco total	mg/L	0,09	0,029	0,074	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.58 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Ipiranga- Linhares/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Ipiranga 02					
			ERI 02					
			18/ago/17 15:38 P-15	18/ago/17 15:46 P-50	22/set/17 06:58 P-15	22/set/17 07:04 P-50	25/out/17 13:45 P-15	25/out/17 13:55 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	53.990	55.440	56.720	56.380	52.950	57.840
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	45	45	330	330	20	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,17	0,175	0,014	0,018	0,038	0,029
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	0,14	<0,07	0,13	0,65	0,49
Nitrito	mg/L	0,07	0,015	0,005	0,014	0,015	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,53	7,05	4,21	4,20	4,78	4,62
pH	-	6,5-8,5	5,03	5,67	8,48	8,46	7,62	7,68
Salinidade	mg/L	-	35,68	36,80	37,76	37,73	36,62	37,28
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	25.277	39.632	39.954	38.547	1.007	1.074
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	20	19	55	39	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,34	25,08	24,47	24,45	28,26	28,2
Turbidez	NTU	-	8,1	8,0	16,4	16,1	11,1	11,13
Zinco total	mg/L	0,09	0,018	0,016	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.59 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Doce- Linhares/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Doce 01					
			ERD 01					
			18/ago/17 15:38 P-15	18/ago/17 15:46 P-50	22/set/17 06:58 P-15	22/set/17 07:04 P-50	25/out/17 13:45 P-15	25/out/17 13:55 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	0,082	0,083	10	9,8
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	14.230	45.320	35.620	35.600	38.690	38.710
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	230	220	16.000	16.000	<18	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,757	0,764
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,022	0,024	0,06	0,06	1,3	1,3
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,027	0,027
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	0,2	0,13	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,007	0,002	0,063	0,006	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,90	3,70	4,52	4,50	3,52	5,51
pH	-	6,5-8,5	7,60	8,07	7,75	7,74	5,19	5,15
Salinidade	mg/L	-	28,24	29,35	22,46	22,45	20,44	20,99
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	9.950	15.478	24.228	24.053	16.634	16.521
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	18	19	26	99	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,55	24,09	24,46	24,46	31,91	31,81
Turbidez	NTU	-	5,5	10,6	6,8	6,7	0,4	0,2
Zinco total	mg/L	0,09	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	0,063	0,061

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.60 - Dados de Monitoramento dos estuários Piraquê Açu- Aracruz/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Piraquê Açu 01					
			EPA 01					
			10/ago/17 12:29 P-15	10/ago/17 12:35 P-50	12/set/17 13:18 P-15	12/set/17 13:47 P-50	17/out/17 16:30 P-15	17/out/17 16:37 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	5,8	0,99	1,7	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	48.350	48.550	50.300	60.000	55.280	55.180
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	45	<18	<18	<18	230	45
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,124	0,029	0,022	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,12	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,002	0,002	<0,002	<0,002	0,004	0,002
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,0	3,50	4,13	5,8	5,05	4,88
pH	-	6,5-8,5	7,96	7,95	8,60	8,57	8,04	8,10
Salinidade	mg/L	-	31,58	31,67	32,80	35,50	36,62	36,71
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	42.812	31.078	32.762	36.679	45.110	48.275
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	55	99	11	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,91	23,78	25,10	24,20	23,90	23,64
Turbidez	NTU	-	4,9	4,7	4,4	4,5	11,0	11,6
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	0,018	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.61 - Dados de Monitoramento dos estuários Piraquê Açu- Aracruz/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Piraquê Açu 02					
			EPA 02					
			10/ago/17 12:47 P-15	10/ago/17 12:52 P-50	12/set/17 14:40 P-15	12/set/17 15:00 P-50	17/out/17 17:07 P-15	17/out/17 17:13 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	2,7	1,7	<0,75	1,7	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	48.990	42.200	49.500	50.100	55.110	55.250
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	20	2.800	<18	<18	1.100	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	0,027	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	0,014	<0,002	<0,002	0,005	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,71	3,90	4,80	4,61	4,59	4,81
pH	-	6,5-8,5	7,94	7,92	8,30	8,20	7,94	8,04
Salinidade	mg/L	-	32,13	32,20	32,40	31,90	36,70	37,20
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	42.459	45.501	33.614	16.036	40.254	21.988
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	75	89	<10	14
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,83	23,77	25,40	24,90	24,27	23,84
Turbidez	NTU	-	45,70	44,80	45,00	46,0	12,86	13,10
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	0,055	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.62 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Riacho- Aracruz/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Riacho 01					
			ERR 01					
			10/ago/17 08:30 P-15	10/ago/17 08:38 P-50	13/set/17 16:23 P-15	13/set/17 16:31 P-50	18/out/17 16:32 P-15	18/out/17 16:50 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	4	3,8	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	0,9	<0,75	2,5	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	28.080	28.060	16.790	16.700	68.490	66.180
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	470	16.000	16.000	16.000	16.000
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,474	0,513	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	0,02	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,238	0,235	0,092	0,092	0,021	0,02
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,2	0,3	0,11	0,1	<0,07	0,12
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,012
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,77	3,70	4,42	4,41	5,87	3,80
pH	-	6,5-8,5	5,05	5,03	7,46	7,44	8,02	7,91
Salinidade	mg/L	-	17,43	17,42	9,86	9,84	45,19	44,12
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	19.466	20.679	11.072	12.864	32.957	20.202
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	19	46	23	42	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,46	23,46	24,74	24,73	24,51	24,02
Turbidez	NTU	-	19,0	19,1	7,0	6,9	6,87	6,41
Zinco total	mg/L	0,09	0,035	0,051	0,011	0,024	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.63 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Riacho- Aracruz/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Riacho 02					
			ERR 02					
			10/ago/17 07:20 P-15	10/ago/17 07:31 P-50	13/set/17 16:58 P-15	13/set/17 17:05 P-50	18/out/17 17:18 P-15	18/out/17 17:36 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	0,1	0,169	0,197	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	0,79	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	39.920	17.000	16.870	16.820	67.930	65.120
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	20	20	9.200	9.200	9.200	2.200
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	0,246	0,221	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,124	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,142	0,138	0,091	0,091	0,015	0,012
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,14	0,49	0,24	0,27	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	0,003	<0,002	0,007	0,005	0,006
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 5	3,57	5,57	3,25	3,23	5,30	4,80
pH	-	6,5-8,5	5,90	6,87	7,45	7,44	7,61	7,56
Salinidade	mg/L	-	25,43	33,52	9,87	9,86	46,33	44,32
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	26.693	34.743	10.051	9.672	29.681	27.250
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	36	14	22	<10	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	22,40	22,55	24,71	24,70	25,01	24,6
Turbidez	NTU	-	12,80	50,9	3,90	3,80	5,62	6,83
Zinco total	mg/L	0,09	0,015	0,018	0,011	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.64 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Reis Magos- Fundão/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Rio Reis Magos 01					
			ERM 01					
			09/ago/17 12:06 P-15	09/ago/17 12:10 P-50	22/set/17 14:10 P-15	22/set/17 14:21 P-50	18/out/17 11:33 P-15	18/out/17 11:34 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	12.930	11.560	55.510	55.500	15.620	15.700
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	170	390	230	170	130	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	0,016	<0,015	0,079	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,073	0,07	0,067	0,017	0,042	0,044
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,24	0,27	0,07	<0,07	0,16	0,13
Nitrito	mg/L	0,07	0,007	0,005	0,033	0,01	0,005	0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,2	5,2	3,62	3,6	5,3	5,18
pH	-	6,5-8,5	7,29	7,26	8,36	8,34	7,98	7,88
Salinidade	mg/L	-	7,48	6,61	36,84	36,81	30,70	31,02
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	8.992	9.248	38.262	38.748	20.879	19.627
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	22	20	44	35	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	27,76	22,01	24,92	24,91	25,90	26,14
Turbidez	NTU	-	12,4	12,4	24,20	24,00	9,8	10,2
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	0,018	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.65 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Reis Magos- Fundão/ES.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salobras - Classe 1	Estuário Reis Magos 02					
			ERM 02					
			09/ago/17 12:18 P-15	09/ago/17 12:21 P-50	23/set/17 08:51 P-15	23/set/17 08:58 P-50	18/out/17 12:11 P-15	18/out/17 12:13 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	0,1	<0,050	<0,050	0,07	0,077	0,085	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	11.810	11.160	36.700	36.680	26.100	25.120
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	270	78	78	170	2.800	68
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	0,185	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,124	0,027	0,017	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	0,079	0,077	0,06	0,057	0,053	0,055
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,27	0,42	0,18	0,14	0,18	0,16
Nitrito	mg/L	0,07	0,007	0,007	0,004	0,008	0,006	0,007
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 5	5,30	5,30	4,07	4,05	5,92	5,7
pH	-	6,5-8,5	7,12	7,10	7,98	7,96	7,82	7,8
Salinidade	mg/L	-	7,28	6,38	23,22	23,20	30,90	30,77
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	6.924	8.497	23.000	24.505	15.075	20.323
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	15	19	11	14	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,16	22,10	24,41	24,40	26,48	26,75
Turbidez	NTU	-	12,2	12,2	4,5	4,2	11,2	12,2
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Foz do rio Doce e Porção Norte

Os municípios mais distantes, no estuário do rio Caravelas localizados ao sul do estado da Bahia (Mucuri/BA, Nova Viçosa/BA e Caravelas/BA), a maioria dos parâmetros estão em conformidade com a norma CONAMA 357/05 – Água Salobra Classe 1 nas duas profundidades (P15 e P50), com a exceção do ponto ERC 01 em Nova Viçosa/BA, que os parâmetros Oxigênio dissolvido, *E. coli* e pH estiveram em desconformidade. O ponto ERC 02 em Caravelas/BA, o parâmetro *E. coli* também esteve em desconformidade com a legislação, na campanha de agosto para ambas as profundidades. Entretanto, neste ponto as campanhas de setembro e outubro se encontram em conformidade com a legislação para o parâmetro *E. coli*. Em outubro o OD apresentou-se desenquadrado nas duas profundidades amostradas. Além disso, esses parâmetros (*E. coli*, pH e OD) estão associados muito provavelmente à presença de esgoto sanitário nos pontos de coleta.

Para o ponto localizado em Mucuri/BA no estuário do rio Mucuri (ERU 01), o parâmetro *E. coli* esteve acima do valor máximo permitido, estabelecido pela norma CONAMA 357/05, apenas na campanha de outubro para a profundidade P15, sendo portanto, necessário averiguar esse comportamento nas campanhas seguintes. Nesse ponto ainda, verificou-se o parâmetro OD fora dos limites preconizados na norma ambiental vigente em setembro e outubro e nas duas profundidades. Observa-se também que em ambos os pontos monitorados neste mesmo estuário (ERC 01, ERC 02, ERU 01) o parâmetro oxigênio dissolvido esteve em desconformidade com a legislação, nas campanhas de setembro/17 e outubro/17. Ressalta-se que o oxigênio dissolvido possui uma relação bastante dinâmica com o meio, o que pode ocasionar em variações abruptas ou não, uma vez que é influenciado por determinados fatores, tais como: temperatura, salinidade, DBO, Sólidos dissolvidos ou suspensos, turbidez, dentre outros.

De tal forma, estes fatores, os quais também variam de forma natural ou não, podem influenciar nos resultados de oxigênio dissolvido. Entretanto, sabe-se que tanto em estuários quanto zonas costeiras, tendem à possuir valores de oxigênio dissolvido menores, em função da relação maior de salinidade, por exemplo. Outrora, há também fatores em campo que podem influenciar na medição do parâmetro, como o próprio instrumento utilizado, o qual pode apresentar problemas na medição de tal parâmetro.

Para o município de Conceição da Barra/ES, tem-se quatro pontos de monitoramento, dois no estuário Itaúnas (EIT 01 e EIT 02) (Tabela 5.51 e 5.52) e dois no estuário Cricaré (ECR 01 e ECR 02) (Tabela 5.53 e 5.54). No ponto EIT 01 o parâmetro *E. coli* esteve em desconformidade com a legislação para a profundidade P15 na campanha de setembro, o parâmetro oxigênio dissolvido também se encontra fora dos padrões da norma nas campanhas de setembro e outubro, neste caso corrobora-se a hipótese de problemas de amostragem em campo para tal parâmetro, justificando assim seus valores.

No ponto EIT 02 o parâmetro *E. coli* esteve em desconformidade para a profundidade P50 nas campanhas de agosto e setembro, porém em conformidade na campanha de outubro. O parâmetro pH também se encontra em desconformidade com a legislação apenas na campanha de outubro para ambas profundidades P15 e P50. O ponto EIT 02, também apresentou valores de oxigênio dissolvido, abaixo dos valores mínimos por lei nas campanhas de setembro e outubro, os quais podem estar associados há problemas nas amostragens de campo.

O ponto ECR 01 do estuário Cricaré apresenta-se em desconformidade com a legislação nos parâmetros *E. coli* para a profundidade P50, apenas na campanha de setembro. No ponto os valores de oxigênio dissolvido também se encontraram em desconformidade com a legislação nas campanhas de setembro e outubro. O ponto ECR 01 apresenta-se com valores do parâmetro zinco acima do valor máximo permitido pela norma CONAMA 357/05 – Água Salobra – Classe 1. Entretanto, este comportamento só foi observado na campanha de agosto para a profundidade P15, sendo que as demais campanhas e profundidade estão de acordo com a legislação

No ponto ECR 02 o parâmetro zinco está acima do valor máximo permitido pela norma CONAMA 357/05 – Água Salobra – Classe 1. Entretanto, este comportamento só foi observado na campanha de agosto para a profundidade P15, sendo as demais campanhas e profundidades estando de acordo com a legislação. No ponto os valores de oxigênio dissolvido estão abaixo a legislação nas campanhas de setembro e outubro

No município de São Mateus/ES, são monitorados dois pontos no estuário Barra Nova (EBN 01 e EBN 02) (Tabela 5.55 e 5.56). No ponto EBN 01, ficaram acima do VMP, segundo a norma CONAMA 357/05 – Água Salobra – Classe 1, as concentrações de nitrato nas profundidades P15 e P50, na campanha de agosto, porém os valores de nitrato nas campanhas

de setembro e outubro estão em conformidade com a norma, para ambas profundidades P15 e P50. O parâmetro zinco encontra-se em desconformidade com a legislação na campanha de agosto, para ambas profundidades e na campanha de outubro/17 apenas para a profundidade P50.

No ponto EBN 01, foi encontrado desconformidades com a norma, para os parâmetros alumínio dissolvido e manganês total, em ambas profundidades na campanha de outubro/17. Contudo, os valores obtidos podem estar associados com o início do período chuvoso. O ponto também apresenta, valores para o parâmetro oxigênio dissolvido em desconformidade com a legislação, nas campanhas de setembro/17 e outubro/17.

O ponto EBN 02 apresentou concentrações de nitrato e zinco, acima do VMP, somente na profundidade P50, na campanha de agosto. O parâmetro oxigênio dissolvido esteve abaixo do valor permitido nas duas profundidades e em toda série histórica. Esse ponto, também apresentou resultados em desconformidade com a norma, para os parâmetros alumínio dissolvido, manganês total e pH na campanha de outubro/17. Estes resultados podem estar associados ao início das chuvas no local.

O município de Linhares/ES, é o local da foz do Rio Doce e apresenta três pontos de monitoramento: O estuário do rio Doce (ERD 01) e mais ao norte 2 pontos no estuário do rio Ipiranga (ERI 01 e 02). Na campanha de monitoramento realizada em agosto/17, para o ponto de monitoramento do rio Ipiranga ERI 01 (Tabela 5.57), na profundidade P15 verificou-se concentrações dos seguintes parâmetros acima do VMP: alumínio dissolvido, manganês total, oxigênio dissolvido e nitrato. E para este mesmo ponto na profundidade P50 também excedeu as concentrações, para os parâmetros alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total. Na campanha de setembro/17, apenas o parâmetro oxigênio dissolvido esteve em desconformidade com legislação em ambas as profundidades. A campanha de outubro/17, o parâmetro nitrato esteve acima do VMP, para a profundidade P15 e oxigênio dissolvido para a profundidade P50.

Para os pontos ERI 01 e ERI 02, tanto na profundidade P15 quanto P50, verificaram-se concentrações de manganês total acima dos limites legais, atingindo concentração de 0,6 mg/L, nas águas mais profundas no ponto ERI 01. No ponto ERI 02 na profundidade de 15 cm o parâmetro oxigênio dissolvido deu abaixo do limite permitido.

No estuário do rio Doce (ERD 01) (Tabela 5.59), o único parâmetro desconforme para as duas profundidades foi oxigênio dissolvido.

Em geral os dados apresentam boa qualidade na porção Norte da foz do rio Doce, apresentando eventualmente o parâmetro *E. coli* acima do VMP e também os parâmetros alumínio dissolvido, manganês total, zinco total, nitrito, nitrato, pH e oxigênio dissolvido com alterações relativamente pequenas e não constantes em relação aos seus respectivos VMP's.

Porção Sul da Foz do rio Doce

Para o município de Aracruz/ES, ao sul da foz do rio Doce, tem-se quatro pontos de monitoramento e em duas profundidades: o Estuário Rio Riacho (ERR 01 e ERR 02) e estuário do rio Piraquê-Açu (EPA 01 e EPA 02) (Tabela 5.60 a 5.61). Na campanha de monitoramento realizada em agosto/17, os pontos ERR 01 e ERR 02 apresentaram concentrações de alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total, acima do VMP segundo a norma CONAMA 357/05- Classe 1, nas duas profundidades. O ponto ERR 02 apresentou ainda concentrações de Nitrato (P50) e oxigênio dissolvido (P15) em desconformidade com a CONAMA 357/05. Já o ponto ERR 01, apresentaram ainda parâmetros de oxigênio dissolvido e pH em desconformidade nas duas profundidades amostradas.

Os pontos no estuário Piraquê-Açu apresentaram desconformidades para o parâmetro oxigênio dissolvido em relação a norma CONAMA 357/05, e ainda o parâmetro *E. coli* somente para o Ponto EPA 02 na profundidade de P50.

O município de Fundão/ES, também localizado ao Sul da Foz do Rio Doce, apresenta dois pontos de monitoramento no estuário Rio Reis Magos (ERM 01 e ERM 02). O único parâmetro que apresentou concentração fora dos limites legais foi o nitrato, na profundidade P50 no ponto ERM 01 (Tabela 5.64 e 5.65).

Com base nas informações observadas durante o período de agosto a outubro de 2017, verificam-se alterações, provavelmente oriundas do rejeito, principalmente na foz do rio Doce, assim como nos estuários mais próximos, ao norte o estuário rio Ipiranga, no município de Linhares/ES e ao Sul, o estuário rio Riacho no município de Aracruz/ES.

Semelhante a qualidade da porção norte do rio Doce a sua porção sul apresenta em geral boa qualidade de água. Somente alguns parâmetros apresentam-se esporadicamente e não

continuamente acima do seus respectivos VMP's. Os parâmetros que estão eventualmente acima do seu VMP são: alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, nitrato, E. coli, oxigênio dissolvido e pH.

5.5.2 Zona Costeira

Os pontos de amostragem na região da zona costeira, conforme definidos no PMQQS, contemplam ao Norte da Foz do Rio Doce, os municípios de Linhares/ES, São Mateus/ES, Mucuri/BA, Nova Viçosa/BA e Caravelas/BA. Ao Sul da Foz contemplam os municípios de Linhares/ES, Aracruz-ES e Serra/ES.

As tabelas a seguir apresentam os resultados das análises químicas da campanha de amostragem dos meses de agosto, setembro e outubro de 2017 agrupados por municípios, apresentando os resultados em duas profundidades conforme definido no PMQQS (Tabela 5.66 a 5.83).

Os valores foram comparados com a Resolução CONAMA 357/05 – Águas Salinas-Classe 1 (Artigo 18).

Tabela 5.66 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Aracruz – Refúgio 01					
			ZCS 01					
			09/ago/17 13:36 P-15	17/ago/17 13:52 P-50	13/set/17 11:13 P-15	13/set/17 11:26 P-50	17/out/17 14:10 P-15	17/out/17 14:27 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	58.730	58.730	56.600	56.970	88.070	89.330
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	78	20	<18	<18	78	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,08	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	7,34	7,34	5,37	3,58	5,66	5,57
pH	-	6,5-8,5	8,19	8,19	8,57	8,50	8,12	8,15
Salinidade	mg/L	-	39,21	39,21	37,70	37,92	36,20	36,90
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	26.008	3.488	37.512	39.272	39.984	43.983
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	14	111	102	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,46	24,46	22,38	25,63	25,51	23,34
Turbidez	NTU	-	7,1	7,1	9,5	11,3	6,2	5,9
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.67 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Aracruz – Refúgio 02					
			ZCS 02					
			10-ago-17 11:14 P-15	10-ago-17 11:24 P-50	12-set-17 12:00 P-15	12-set-17 12:10 P-50	17-out-17 15:15 P-15	17-out-17 15:30 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	58.080	57.070	62.990	59.800	85.800	86.740
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	790	<18	20	<18	20	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	1,2	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,045	0,003	<0,002	<0,002	0,003	0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,02	2,95	5,40	5,12	5,30	5,41
pH	-	6,5-8,5	8,22	8,23	8,05	8,07	8,14	8,17
Salinidade	mg/L	-	38,76	38,03	37,80	37,10	36,62	36,68
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	55.891	52.688	39.022	38.985	36.341	40.394
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	17	56	63	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,58	23,91	21,37	23,80	24,77	22,52
Turbidez	NTU	-	7,8	7,5	9,2	9,1	1,2	1,0
Zinco total	mg/L	0,09	0,063	0,019	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.68 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Aracruz – Refúgio 03					
			ZCS 03					
			10-ago-17 9:31 P-15	10-ago-17 9:39 P-50	13-set-17 13:32 P-15	13-set-17 13:41 P-50	17-out-17 13:03 P-15	17-out-17 13:17 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	0,79	1,3	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	56.900	57.330	56.490	56.890	88.680	87.160
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	<18	<18	<18	<18	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,004	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,006
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,00	3,55	6,04	3,62	5,12	4,86
pH	-	6,5-8,5	8,00	8,21	8,57	8,58	7,96	8,08
Salinidade	mg/L	-	38,0	38,21	37,58	37,88	33,10	33,18
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	54.192	30.402	32.083	36.143	39.532	59.588
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	86	60	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,0	22,84	23,85	23,86	24,28	23,65
Turbidez	NTU	-	7,0	6,1	22,7	18,0	7,13	3,5
Zinco total	mg/L	0,09	0,014	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.69 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Aracruz – Refúgio 04					
			ZCS 04					
			17-ago-17 12:26 P-15	10-ago-17 12:38 P-50	15-set-17 17:10 P-15	15-set-17 17:16 P-50	19-out-17 15:50 P-15	19-out-17 16:00 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	60.310	60.370	36.260	56.130	86.690	86.690
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	330	<18	<18	<18	45	270
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,27	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,40	2,99	4,14	4,10	4,93	5,80
pH	-	6,5-8,5	8,13	8,13	8,53	8,51	8,18	8,16
Salinidade	mg/L	-	40,46	40,54	37,39	37,32	61,41	62,58
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	57.110	53.552	39.702	40.114	39.257	11.980
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	11	75	101	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,004	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,84	22,80	25,39	25,37	22,70	22,69
Turbidez	NTU	-	7,0	6,8	45,2	45,0	1,0	1,2
Zinco total	mg/L	0,09	0,14	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.70 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Linhares/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Linhares - Regência 01					
			ZCS 05					
			17-ago-17 11:17 P-15	17-ago-17 11:22 P-50	15-set-17 16:11 P-15	15-set-17 16:18 P-50	19-out-17 14:40 P-15	19-out-17 14:47 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	60.250	60.440	56.140	56.010	86.360	86.110
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	92	<18	<18	2.200	230
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,27	3,08	4,30	4,02	5,24	4,61
pH	-	6,5-8,5	8,13	8,13	8,56	8,55	8,16	8,16
Salinidade	mg/L	-	40,43	40,60	37,27	38,16	60,96	61,06
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	60.448	42.236	38.553	38.608	34.500	27.957
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	15	110	96	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,84	23,18	24,76	24,51	23,19	23,13
Turbidez	NTU	-	8,9	8,5	13,4	7,3	2,7	4,7
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.71 - Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Linhares/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Linhares - Regência 02					
			ZCS 06					
			17-ago-17 10:20 P-15	17-ago-17 10:27 P-50	15-set-17 14:56 P-15	15-set-17 15:02 P-50	19-out-17 13:20 P-15	19-out-17 13:25 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.310	59.470	57.290	54.890	85.140	86.430
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	<18	<18	<18	<18	45
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	0,014	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,23	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,32	3,08	6,33	4,20	4,50	5,07
pH	-	6,5-8,5	8,12	8,13	8,64	8,59	8,12	8,13
Salinidade	mg/L	-	39,71	39,87	38,17	36,20	60,00	61,16
Solidos dissolvidos totais	mg/L	-	32.806	54.776	36.742	38.757	40.762	34.000
Solidos suspensos totais	mg/L	-	12	<10	39	84	<10	<10
Sulfetos (como H2S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,54	22,95	24,16	24,76	23,93	24,61
Turbidez	NTU	-	11,7	11,0	13,90	46,10	2,15	2,0
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.72 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Serra/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce..

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Serra – Jacaraípe					
			ZCS 07					
			9-ago-17 9:48 P-15	9-ago-17 9:59 P-50	13-set-17 9:35 P-15	13-set-17 9:43 P-50	18-out-17 9:27 P-15	18-out-17 9:32 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	2,1	0,78	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	57.800	57.800	56.320	55.880	54.900	54.820
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	170	<18	16.000	20	330	2.800
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	0,024	0,019	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,07	0,08	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,005	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	7,80	7,80	5,25	3,21	5,45	5,12
pH	-	6,5-8,5	8,20	8,20	8,53	8,57	8,04	7,98
Salinidade	mg/L	-	38,59	38,59	37,50	37,18	36,44	36,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	25.156	26.998	38.384	39.353	41.239	50.919
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	19	12	73	104	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,09	23,09	21,96	22,68	22,97	22,49
Turbidez	NTU	-	8,6	8,6	13,0	14,9	1,2	0,9
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.73 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Serra/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Serra – Manguinhos					
			ZCS 08					
			9-ago-17 8:12 P-15	9-ago-17 8:20 P-50	13-set-17 8:40 P-15	13-set-17 8:44 P-50	18-out-17 8:28 P-15	18-out-17 8:35 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	2,2	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	57.070	56.000	56.350	55.090	54.760	54.800
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	78	<18	390	1100	9200
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,005	0,003	<0,002	0,003	<0,002	<0,002
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 6	7,68	7,65	4,97	4,56	4,85	5,1
pH	-	6,5-8,5	8,17	8,10	8,10	8,11	8,11	8,16
Salinidade	mg/L	-	37,98	37,30	37,51	37,48	36,30	36,47
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	39.691	34.613	38.246	40.564	54.592	41.341
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	15	11	74	107	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,03	34,49	22,13	21,95	22,02	21,69
Turbidez	NTU	-	13,80	11,60	7,5	6,9	3,2	3,7
Zinco total	mg/L	0,09	0,055	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.74 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Povoação – Linhares/ES					
			ZCN 01					
			17-ago-17 9:13 P-15	17-ago-17 9:24 P-50	15-set-17 13:52 P-15	15-set-17 13:59 P-50	19-out-17 12:37 P-15	19-out-17 12:42 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	61.160	60.700	57.200	29.200	86.190	86.160
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	<18	<18	<18	230	230
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	0,003	<0,002	<0,002	<0,002	0,004
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,62	3,31	6,70	6,00	4,94	4,53
pH	-	6,5-8,5	8,14	8,15	8,74	8,00	8,10	8,13
Salinidade	mg/L	-	41,17	40,79	38,17	38,0	61,03	61,00
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	50.262	56.904	39.232	39.210	39.231	40.953
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	15	37	23	61	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,72	23,16	24,18	25,00	23,97	24,29
Turbidez	NTU	-	16,70	16,10	11,20	10,0	11,30	11,80
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	0,029	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.75 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Vila de Cacimbas - Linhares/ES					
			ZCN 02					
			17-ago-17 07:19 P-15	17-ago-17 07:28 P-50	15-set-17 12:15 P-15	15-set-17 12:21 P-50	22-out-17 14:10 P-15	22-out-17 14:20 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.180	59.160	55.900	55.870	93.700	92.290
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	20	260	20	<18	<18	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	0,005	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,47	3,54	3,81	3,80	6,48	4,69
pH	-	6,5-8,5	8,13	8,14	8,55	8,53	8,11	8,15
Salinidade	mg/L	-	39,67	39,63	37,12	37,10	67,1	65,94
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	46.046	20.594	37.306	40.729	39.588	45.089
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	17	31	67	78	13	18
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	22,09	23,14	24,79	24,78	26,92	27,64
Turbidez	NTU	-	17,10	16,50	8,6	8,4	17,2	17,0
Zinco total	mg/L	0,09	0,018	<0,010	<0,010	0,033	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.76- Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Pontal do Ipiranga - Linhares/ES					
			ZCN 03					
			21-ago-17 15:44 P-15	21-ago-17 15:53 P-50	15-set-17 11:02 P-15	15-set-17 11:10 P-50	22-out-17 18:02 P-15	22-out-17 18:10 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	60.090	60.050	56.400	55.900	102.800	103.000
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	<18	220	<18	<18	170	110
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,013	0,013
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,26	0,16	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	0,004	0,002	0,002	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,82	4,19	5,52	4,25	4,28	3,72
pH	-	6,5-8,5	8,17	8,16	8,53	8,52	8,14	8,12
Salinidade	mg/L	-	40,30	40,29	37,53	37,11	65,61	65,7
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	21.393	21.393	39.069	39.610	31.387	42.213
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	17	<10	73	56	<10	24
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,66	23,23	23,90	25,13	26,36	26,36
Turbidez	NTU	-	6,9	6,6	18,60	10,0	22,8	23,0
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.77 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Urussuquara - São Mateus/ES					
			ZCN 04					
			21-ago-17 13:41 P-15	21-ago-17 13:55 P-50	20-set-17 08:00 P-15	20-set-17 08:12 P-50	23-out-17 07:15 P-15	23-out-17 07:52 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	0,93	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	60.380	60.190	56.290	55.370	105.900	104.300
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	2.800	45	<18	230	20	78
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	0,017	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	0,12	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	<0,002	<0,002	0,003	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	3,62	4,18	4,60	3,60	1,87	1,86
pH	-	6,5-8,5	8,16	8,16	8,47	8,51	8,15	8,17
Salinidade	mg/L	-	40,53	40,39	37,41	36,75	65,12	64,02
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	39.490	17.798	37.568	36.717	40.168	41.545
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	23	14	43	135	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,53	23,28	24,72	25,01	26,03	25,96
Turbidez	NTU	-	6,9	6,6	14,5	13,3	4,8	3,7
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.78 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Guriri - São Mateus/ES ZCN 05					
			21-ago-17	21-ago-17	20-set-17	20-set-17	23-out-17	23-out-17
			09:52 P-15	10:02 P-50	09:10 P-15	09:16 P-50	10:15 P-15	10:20 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	1,1	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.110	59.350	55.990	55.970	105.100	104.800
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	1.100	330	130	230	<18	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	0,23	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	0,032	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	4,76	4,57	3,78	4,02	1,88	1,86
pH	-	6,5-8,5	8,15	8,16	8,52	8,52	8,12	8,15
Salinidade	mg/L	-	39,56	39,76	37,17	37,18	65,70	65,35
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	20.111	39.766	38.598	39.381	41.417	44.129
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	12	13	119	153	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,65	23,47	24,91	25,04	25,98	26,04
Turbidez	NTU	-	10,8	10,3	13,2	11,0	3,8	4
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.79 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Itaúnas - São Mateus/ES ZCN 06					
			21-ago-17 12:29 P-15	21-ago-17 12:35 P-50	20-set-17 12:28 P-15	20-set-17 12:35 P-50	23-out-17 13:35 P-15	23-out-17 13:40 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	1	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	59.380	61.000	56.100	55.720	102.600	103.700
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	3.500	130	<18	<18	78	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	4,34	5,22	5,15	3,84	2,36	3,09
pH	-	6,5-8,5	8,13	8,12	8,51	8,52	8,14	8,17
Salinidade	mg/L	-	39,81	39,97	37,27	36,99	56,3	55,9
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	19.739	26.358	38.448	37.451	28.416	40.617
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	14	13	105	115	12	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,85	24,39	24,77	24,73	26,85	26,32
Turbidez	NTU	-	6,1	5,5	14,50	13,90	6,2	7,1
Zinco total	mg/L	0,09	0,018	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.80 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Mucuri/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Costa Dourada - Mucuri/BA ZCN 07					
			30-ago-17 16:07 P-15	30-ago-17 16:18 P-50	21-set-17 06:07 P-15	21-set-17 06:14 P-50	24-out-17 05:20 P-15	24-out-17 05:25 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	57.220	57.150	56.300	55.720	103.500	102.400
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	230	<18	<18	2.200	<18	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	1	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,003	0,031	<0,002	0,002	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	6,22	7,02	5,11	4,19	1,75	1,82
pH	-	6,5-8,5	11,35	11,22	8,53	8,55	7,93	7,9
Salinidade	mg/L	-	38,16	38,10	37,43	36,96	38,02	38,00
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	39.137	38.397	41.502	39.744	41.097	41.973
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	27	22	22	36	<10	22
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,38	23,37	24,71	24,28	26,61	26,12
Turbidez	NTU	-	1,1	1,0	7,4	8,4	3,0	2,8
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.81 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Mucuri/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Mucuri - Mucuri/BA ZCN 08					
			30-ago-17 08:06 P-15	30-ago-17 08:12 P-50	21-set-17 07:15 P-15	21-set-17 07:21 P-50	24-out-17 09:10 P-15	24-out-17 09:15 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	56.820	57.090	56.120	55.380	105.700	105.300
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	130	230	230	<18	130	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,68	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	5,9	6,23	5,02	4,29	1,73	1,69
pH	-	6,5-8,5	7,1	7,12	8,55	8,51	8,1	7,96
Salinidade	mg/L	-	37,86	38,08	37,18	37,02	38,02	38
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	49.866	42.472	38.813	38.637	44.368	42.175
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	<10	<10	17	26	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	23,41	23,38	23,92	24,01	26,23	26,2
Turbidez	NTU	-	2,0	2,1	7,1	7,6	2,9	3,1
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.82 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Nova Viçosa/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Nova Viçosa – Nova Viçosa/BA ZCN 09					
			30-ago-17 06:46 P-15	30-ago-17 06:52 P-50	21-set-17 08:20 P-15	21-set-17 08:26 P-50	24-out-17 12:20 P-15	24-out-17 12:25 P-50
Aluminio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsenio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cadmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	55.990	56.180	57.230	56.360	102.300	102.000
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	490	<18	1.400	20	20	20
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fosforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Niquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Oxigenio dissolvido	mg/L	≥ 6	7,0	6,5	5,08	4,15	4,26	3,59
pH	-	6,5-8,5	7,55	11,47	8,54	8,55	7,98	7,96
Salinidade	mg/L	-	37,22	37,36	38,13	37,46	37,3	37,52
Solidos dissolvidos totais	mg/L	-	37.598	38.014	39.419	38.005	40.439	54.419
Solidos suspensos totais	mg/L	-	16	23	13	31	15	26
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,0	23,94	24,41	24,70	26,78	26,7
Turbidez	NTU	-	4,1	4,8	16,0	13,8	20,1	21,1
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Tabela 5.83 - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Nova Viçosa/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 357/05- Águas Salinas- Classe 1	Ponta de Areia - Caravelas/BA ZCN 10					
			30-ago-17 05:36 P-15	30-ago-17 05:41 P-50	21-set-17 12:16 P-15	21-set-17 12:08 P-50	24-out-17 13:30 P-15	24-out-17 13:35 P-50
Alumínio dissolvido	mg/L	1,5	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Arsênio total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cádmio total	mg/L	0,005	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Chumbo total	mg/L	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Clorofila a	µg/L	-	<0,75	<0,75	2,2	<0,75	<0,75	<0,75
Cobre dissolvido	mg/L	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Condutividade	µS/cm	-	48.650	48.190	53.100	53.510	100.900	101.100
Cromo total	mg/L	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	1.000	700	1.100	700	<18	78	<18
Ferro dissolvido	mg/L	0,3	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100	<0,100
Fósforo total	mg/L	0,062	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
Manganês total	mg/L	0,1	<0,010	<0,010	0,039	<0,010	<0,010	<0,010
Mercurio total	mg/L	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Níquel total	mg/L	0,025	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Nitrato	mg/L	0,4	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07	<0,07
Nitrito	mg/L	0,07	0,003	0,002	0,009	0,006	<0,002	<0,002
Oxigênio dissolvido	mg/L	≥ 6	6,08	6,05	4,48	4,45	3,14	3,8
pH	-	6,5-8,5	7,53	7,48	8,36	8,34	7,9	7,86
Salinidade	mg/L	-	31,70	31,12	35,36	30,31	36,58	36,42
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	-	35.417	42.528	35.507	36.360	39.643	40.024
Sólidos suspensos totais	mg/L	-	30	14	29	175	<10	<10
Sulfetos (como H ₂ S não dissociado)	mg/L	0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Temperatura da amostra	°C	-	24,13	24,01	24,93	24,91	26,42	26,24
Turbidez	NTU	-	2,9	2,7	16,8	16,7	16,8	17,2
Zinco total	mg/L	0,09	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Zona Costeira Sul

Ao sul da Foz do rio Doce, o parâmetro oxigênio dissolvido apresentou valores fora dos valores estabelecidos na legislação ambiental (CONAMA 357/05- Águas Salinas-Classe 1), em todos os pontos de amostragem em Aracruz/ES, Linhares/ES e Serra/ES. Outro parâmetro que apresentou valores desenquadrados em relação a legislação vigente foi o pH, sendo que esses valores ocorreram em praticamente todos os pontos em pelo menos uma campanha ou profundidade, com exceção dos pontos ZC02 (Aracruz) e ZC08 (Serra). Os valores de pH reportados acima do VMP, foram em todos os pontos alcalino ($> 8,5$). Outro parâmetro que merece destaque é a *E. coli*, que apresentou concentrações acima de seu VMP em alguns pontos de amostragem (ZC05 e ZC07) e geralmente nas profundidades P15, mas que de modo geral não foram frequentes, ou seja, foram constatadas em um mês e no outro não. Com as próximas campanhas será possível avaliar melhor essas ocorrências. Em um ponto localizado na praia dos Padres, em Aracruz/ES (ZCS 02), verificou-se ainda concentrações de nitrato desenquadrado, apresentando concentração de 1,2 mg/L, isso apenas na campanha de agosto/17.

Observa-se nas campanhas de monitoramento do PMQQS nos meses de agosto/17 setembro/17 e outubro/17 (praticamente dois anos após o evento), poucos parâmetros acima da legislação ambiental: *E. coli*, OD, pH e nitrato. Os parâmetros obtidos fora dos limites legais refletem uma contaminação por esgotos e não consequência do rompimento da barragem de rejeitos. Portanto, a qualidade de água dessa região costeira pode ser classificada como muito boa, considerando os parâmetros que estão alterados o seu valores e frequência.

Zona Costeira Norte

No município de Linhares/ES são monitorados três pontos: Povoação (ZCN 01), Vila de Cacimbas (ZCN 02) e Pontal do Ipiranga (ZCN 03). Nas campanhas de monitoramento realizadas em agosto/17, setembro/17 e outubro/17, para os três pontos citados acima, verificaram-se concentrações de oxigênio dissolvido e pH, fora do valor preconizado na legislação ambiental vigente (CONAMA 357/05- Águas Salinas-Classe) (Tabela 5.74 a 76). O OD fora dos limites legais ocorreu nas três campanhas de monitoramento em pelo menos um ponto, já o pH, nesses três pontos citados, apresentou valores alcalinos ($>8,5$) apenas na campanha realizada em setembro, tanto na profundidade P15, quanto na P50.

Em São Mateus/ES, localizado mais ao Norte da foz do rio Doce, o oxigênio dissolvido também apresentou valores fora dos valores estabelecidos na legislação (6 mg/L) nos três pontos de monitoramento: Urussuquara (ZCN 04), Guriri (ZCN 05) e Itaúnas (ZCN 06) em todas as campanhas e profundidades amostradas. Assim como em Linhares, o pH apresentou-se alcalino ($<8,5$) acima dos limites legais para essa classe de enquadramento na campanha realizada em setembro/17, porém somente nos pontos ZCN05 e ZCN06. Nestes pontos verificou-se ainda a *E. coli* na profundidade amostrada em P15.

Esses valores de oxigênio (média de 3 mg/L), foram obtidos tanto nas águas mais superficiais (P15) quanto nas águas mais profundas (P50), e provavelmente devem ser decorrentes da quantidade de material orgânico carregado pelos rios ou até mesmo por lançamento de esgotos.

Mais ao Norte da foz do rio Doce e ao sul da Bahia, são monitorados pontos nos municípios de Mucuri (ZCN 07 e ZCN 08) (Tabelas 5.80 e 5.81), Nova Viçosa (ZCN 09) e Caravelas (ZCN 10) (Tabela 5.82 e 83). Nesses três municípios, a maioria dos parâmetros avaliados encontram-se enquadrados em relação aos valores preconizados na Resolução CONAMA, com exceção do oxigênio dissolvido. Em Nova Viçosa/ES e Caravelas/ES verificaram-se também o parâmetro *E. coli* acima do limite permitido pela legislação em agosto e setembro. Em Mucuri e Nova Viçosa, o pH apresentou-se ainda mais alcalino ($\text{pH}=11$), nas águas profundas em P50.

Assim como a zona Norte costeira a zona Sul pode ter a sua qualidade de água classificada como muito boa considerando os parâmetros que apresentaram alteração os seus valores e frequência.

5.6 Qualidade de Sedimentos – Rios e Lagos

Os trechos e estações de monitoramento de sedimentos são correspondentes aos de análise de água, portanto a descrição dos pontos e também as siglas correspondem aos mesmos locais designados nos mapas das Figuras 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4.

Os ensaios realizados para os sedimentos tanto de caráter químico como de caráter físico foram de acordo com o documento Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos.

Os dados de sedimentos de fundo foram avaliados e comparados com a Resolução CONAMA nº 454 de 01 de novembro de 2012 que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

Segundo a resolução o Limite de Quantificação do Método (LQ) para cada substância estudada deverá ser inferior ao Nível 1 da Tabela 5.89 e se os níveis de concentração de qualquer substância relacionado na Tabela 5.89 for superior ao Nível 2, deverão ser realizados ensaios de ecotoxicidade de acordo com o especificado na própria Resolução CONAMA 454/2012.

Os dados de monitoramento dos sedimentos dos rios do PMQQS serão avaliados e relacionados com estudos da bacia hidrográfica do rio doce. Esses valores serão avaliados com ressalvas uma vez que há variações quanto as metodologias utilizadas em cada caso.

Os sedimentos das lagoas, estuários e zona costeira não tem análises detalhadas e dados disponíveis do período anterior ao rompimento da barragem de Fundão necessários para procedimentos comparativos. Logo os dados utilizados para comparação são os obtidos nos corpos hídricos afluentes mais próximos dos pontos de monitoramento, que não sofreram impacto direto com o rompimento da barragem. É importante ressaltar que nesta avaliação do período de agosto a outubro de 2017, os sedimentos foram coletados para análise em período de estiagem, dessa forma é possível que ocorra discrepâncias entre os dados obtidos de coletas realizadas em períodos chuvosos.

A barragem de rejeitos que rompeu tinha como objetivo conter solução e sedimentos já processados do beneficiamento do minério de ferro, portanto é de suma importância a análise de sedimentos metálicos e de resíduos do processo de mineração que possam ser prejudiciais à vida aquática e à saúde humana.

Foram feitas análises dos metais Alumínio, Antimônio, Arsênio, Bário, Berílio, Boro, Cádmio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Estrôncio, Ferro, Manganês, Mercúrio, Molibdênio, Níquel, Prata, Selênio, Vanádio e Zinco, além de Argilominerais, Carbono Orgânico Total, Nitrogênio Total Kjeldahl, Fósforo Total, potencial redox, teor de carbonatos, teor de umidade, pH, e análise granulométrica dos sedimentos para os pontos de monitoramento.

Para os rios dos trechos 1, 2, 3 e 4, além dos lagos e lagoas do trecho 4 também foram realizadas análises de alfa-Clordano, DDD, DDE, DDT, Dieldrin, Endrin, Fenois totais, gama-Clordano, HCH (alfa-HCH), HCH (beta-HCH), HCH (delta-HCH), Lindano (gama-HCH), Soma de PCB's, Somatoria HAP's e TPH total (C8 - C40). Nos estuários e na zona costeira a camada superficial de rejeito depositado foi medida.

Para avaliação das alternativas de disposição em águas sob jurisdição nacional, os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores previstos na Tabela 5.85 desta Resolução (Resolução CONAMA 454/2012) e classificados em dois níveis: aos níveis:

- Nível 1- limiar abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;
- Nível 2 - limiar acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota

As tabelas referências para as análises químicas explicitadas na Resolução CONAMA 454/2012 estão apresentadas a seguir de 5.84 a 5.85.

Tabela 5.84 – Classificação granulométrica de sedimentos

Classificação	Phi (ϕ)**	(mm)
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia media	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,062
Silte	4 a 8	0,062 a 0,00394
Argila	8 a 12	0,00394 a 0,0002

*Referência: Escala Granulométrica de Wentworth, 1922.

** Phi (ϕ) corresponde à unidade de medida do diâmetro da partícula do sedimento, cuja equivalência em milímetros (mm) é apresentada na coluna 3.

Tabela 5.85 - Níveis de classificação do material dragado

Substâncias		Níveis de classificação do material a ser dragado (em unidade de material seco)				
		água doce		Água salina/salobra		
		Nível 1	Nível 2	Nível 1	Nível 2	
Metais e Semi metais (mg/kg)	Arsênio (As)	5,9 ¹	17 ¹	19 ⁴	70 ²	
	Cadmio (Cd)	0,6 ¹	3,5 ¹	1,2 ²	7,2 ⁴	
	Chumbo (Pb)	35 ¹	91,3 ¹	46,7 ²	218 ²	
	Cobre (Cu)	35,7 ¹	197 ¹	34 ²	270 ²	
	Cromo (Cr)	37,3 ¹	90 ¹	81 ²	370 ²	
	Mercúrio (Hg)	0,17 ¹	0,486 ¹	0,3 ⁴	1 ⁵	
	Níquel (Ni)	18 ¹	35,9 ¹	20,9 ²	51,6 ²	
	Zinco (Zn)	123 ¹	315 ¹	150 ²	410 ²	
TBT (µg/kg)	Tributilestanho	-	-	100 ⁵	1000 ⁵	
	HCH (Alfa-HCH)	-	-	0,32 ³	0,99 ³	
	HCH (Beta-HCH)	-	-	0,32 ³	0,99 ³	
	HCH (Delta-HCH)	-	-	0,32 ³	0,99 ³	
		0,94 ¹	1,38 ¹	0,32 ¹	0,99 ¹	
Pesticidas organoclorados (µg/kg)	HCH (Gama-HCH/Lindano)					
	Clordano (Alfa)	-	-	2,26 ³	4,79 ³	
	Clordano (Gama)	-	-	2,26 ³	4,79 ³	
	DDD ^a	3,54 ¹	3,54 ¹	1,22 ¹	7,81 ¹	
	DDE ^b	1,42 ¹	6,75 ¹	2,07 ¹	374 ¹	
	DDT ^c	1,19 ¹	4,77 ¹	1,19 ¹	4,77 ¹	
	Dieldrin	2,85 ¹	6,67 ¹	0,71 ¹	4,3 ¹	
	Endrin	2,67 ¹	62,4 ¹	2,67 ¹	62,4 ¹	
PCBs (µg/kg)	Bifenilas Policloradas – Somatória das 7 bifenilas ^d	34,1 ¹	277 ¹	22,7 ²	180 ²	
Hidrocarbó netos Policíclicos Aromáticos– HAPs (µg/kg)	Grupo A	Benzo(a)antraceno	31,7 ¹	385 ¹	280 ⁴	690 ¹
		Benzo(a)pireno	31,9 ¹	782 ¹	230 ⁴	760 ¹
		Dibenzo(a,h)antraceno	6,22 ¹	135 ¹	43 ⁴	140 ¹
	Grupo B	Acenafteno	6,71 ¹	88,9 ¹	16 ²	500 ²
		Acenaftileno	5,87 ¹	128 ¹	44 ²	640 ²
		Antraceno	46,9 ¹	245 ¹	85,3 ²	1100 ²
		Fenantreno	41,9 ¹	515 ¹	240 ²	1500 ²
		Fluoranteno	111 ¹	2355 ¹	600 ²	5100 ²
		Fluoreno	21,2 ¹	144 ¹	19 ²	540 ²
		2-Metilnaftaleno	20,1 ¹	201 ¹	70 ²	670 ²
		Naftaleno	34,6 ¹	391 ¹	260 ²	2100 ²
		Pireno	53 ¹	875 ¹	665 ²	2600 ²
Somatória de HAPs		1000	-	4000 ^{2° e}	-	

Fonte: Resolução CONAMA 454/2012.

a) DDD: 2,2-bis(p-clorofenil)-1,1-dicloroetano ou diclorodifenildicloroetano. Este critério se aplica a soma dos isômeros p,p' e o,p';

b) DDE: 1,1-dicloro-2,2-bis(p-clorofenil)etileno ou diclorodifenildicloroetileno. Este critério se aplica a soma dos isômeros p,p' e o,p';

c) DDT: 2,2-bis(p-clorofenil)-1,1,1-tricloroetano ou diclorodifeniltricloroetano. Este critério se aplica a soma dos isômeros p,p' e o,p';

d) A sete bifenilas correspondem a PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 e 180;

e) Somatória inclui, além dos compostos avaliados: benzo(b)fluoranteno, benzo(k)fluoranteno, benzo(ghi)perileno e indeno(1,2,3 cd)pireno.

Tabela 5.86 - Valores orientadores para carbono orgânico total (COT) e nutrientes*

Parâmetros	Valor Alerta
Carbono orgânico total (%)	10
Nitrogênio Kjeldahl Total (mg/kg)	4.800
Fósforo Total (mg/kg)	2.000

*A critério do órgão ambiental licenciador, o COT poderá ser substituído pelo teor de matéria orgânica. Ficam excluídos de comparação com a presente caracterização, os valores oriundos de ambientes naturalmente enriquecidos por matéria orgânica e nutrientes, como manguezais.

Fonte: Resolução CONAMA 454/2012.

Os resultados da campanha de monitoramento realizada em outubro/17 serão apresentados em forma de tabela para os parâmetros de interesse: alumínio, arsênio, bário, cádmio, carbono orgânico total, chumbo, cobre, ferro, fósforo total, manganês, mercúrio, níquel, Nitrogenio kjedahl total, pH e zinco, comparando-os com os valores máximos permitidos do nível 1 e nível 2 da legislação ambiental vigente (CONAMA 454/12).

5.6.1 Análise Química de Sedimentos de Rios e Lagoas

5.6.1.1 Trecho 1

O Trecho 1 corresponde aos rios Gualaxo do Norte, Carmo, Piranga e Doce até a antiga Cadonga de Risoleta Neves em Santa Cruz do Escalvado.

As Tabelas a seguir mostram os resultados das análises químicas nos sedimentos de fundo desses rios analisados.

Tabela 5.87 - Resultados químicos para o rio Gualaxo do Norte

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RGN01	RGN06	RGN08
				3-out-17	5-out-17	6-out-17
				13:30	10:59	10:08
Alumínio	mg/kg	-	-	1.649	1.113	1.868
Arsênio	mg/kg	5,9	17	27	5,3	16
Bário	mg/kg	-	-	399	155	252
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,29	< 0,33	< 0,32
Carbono orgânico total	%	* 10		0,94	< 0,25	< 0,25
Chumbo	mg/kg	35	91,3	3,9	2,9	5,4
Cobre	mg/kg	35,7	197	7,8	3,2	3,2
Cromo	mg/kg	37,3	90	45	7,6	13
Ferro	mg/kg	-	-	88.750	46.656	70.635
Fósforo total	mg/kg	*2.000		130	84	84
Manganês	mg/kg	-	-	3.912	1.393	2.321
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,13	< 0,14	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	5,8	4	6
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		165,8	271,4	271,4
pH	-	-	-	8,1	6,2	5,6
Zinco	mg/kg	123	315	14	11	11

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.88 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Carmo

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RCA 01	RCA 02
				6-out-17	9-out-17
				12:30	09:13
Alumínio	mg/kg	-	-	976	1129
Arsênio	mg/kg	5,9	17	216	4,5
Bário	mg/kg	-	-	95	31
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,29	< 0,32
Carbono orgânico total	%	*10		0,52	0,46
Chumbo	mg/kg	35	91,3	4,8	2,5
Cobre	mg/kg	35,7	197	9,4	2,7
Cromo	mg/kg	37,3	90	51	8,9
Ferro	mg/kg	-	-	59.136	34.570
Fósforo total	mg/kg	*2.000		172	68
Manganês	mg/kg	-	-	1697	451
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,14	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	13	3,3
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		312	154,4
pH	-	-	-	6,2	7,3
Zinco	mg/kg	123	315	15	8,4

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.89 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Piranga.

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RPG 01
				16-out-17
				12:00
Alumínio	mg/kg	-	-	5126
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 2,0
Bário	mg/kg	-	-	52
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,33
Carbono orgânico total	%	* 10		0,42
Chumbo	mg/kg	35	91,3	4,2
Cobre	mg/kg	35,7	197	8,4
Cromo	mg/kg	37,3	90	29
Ferro	mg/kg	-	-	12114
Fósforo total	mg/kg	*2.000		178
Manganês	mg/kg	-	-	124
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,15
Níquel	mg/kg	18	35,9	11
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		153,5
pH	-	-	-	6,9
Zinco	mg/kg	123	315	30

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.90- Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce.

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RDO 01
				16-out-17
				14:25
Alumínio	mg/kg	-	-	932
Arsênio	mg/kg	5,9	17	6,8
Bário	mg/kg	-	-	40
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,28
Carbono orgânico total	%	* 10		0,37
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,5
Cobre	mg/kg	35,7	197	3,3
Cromo	mg/kg	37,3	90	9,4
Ferro	mg/kg	-	-	19823
Fósforo total	mg/kg	*2.000		40
Manganês	mg/kg	-	-	458
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,15
Níquel	mg/kg	18	35,9	3,6
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		94,7
pH	-	-	-	6,9
Zinco	mg/kg	123	315	6,5

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Visto que o ponto RGN 01 não foi afetado pelo rompimento da barragem por se localizar no curso do rio Gualaxo do Norte antes do dique ele pode ser considerado referência para os pontos RGN 06 e RGN 08. De acordo com as Tabelas 5.89 observa-se que o parâmetro arsênio

está acima do valor máximo permitido CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2) nos pontos RGN 01 e RCA 01. Ambos os pontos estão localizados a montante das áreas impactadas pelo rompimento da barragem.

Os pontos RCA 02 e RPG 01, todos os parâmetros estão dentro dos limites preconizados na legislação ambiental vigente e o RDO 01 apresentou concentração de arsênio acima do VMP estabelecido na Resolução CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1).

Essas ocorrências de arsênio obtidas não estão relacionadas ao rompimento da barragem de rejeitos e foram detectadas acima do nível 2 principalmente nos pontos não impactados pelo rompimento. Ocorrências desse elemento com valores muito superior ao nível 2 da norma são encontradas na bacia conforme dados por Eleonora Deschamps e Jorg Matchullat e publicado no livro: *Arsênio Antropogênico e Natural* em 2007. A geoquímica da crosta terrestre em sua era Arqueana tem uma forte associação entre o arsênio e as mineralizações de ouro. No quadrilátero ferrífero, historicamente há registros de ocorrências de ouro desde o ciclo do ouro até os tempos atuais com a presença das minerações modernas e os garimpos de ouro nessa região (Deschamps e Matchullat, 2007). Por consequência a presença de arsênio em sedimentos dessa região é esperado tanto por razões naturais como antrópicas. Contudo, as causas antrópicas não estão associadas ao rompimento da barragem uma vez que a mineração de ferro ocorreu em uma era geológica posterior às mineralizações auríferas, ou seja no Paleoproterozóico, e portanto não possuem elevadas concentrações de arsênio em seu rejeito.

Os resultados dos ensaios realizados para quantificação de substâncias relacionadas com pesticidas organoclorados apresentaram valores inferiores aos limites determinados pela regulamentação para todos os pontos, assim como os resultados para hidrocarbonetos policíclicos, por isso não foram apresentados nas tabelas.

5.6.1.2 Trecho 2

O Trecho 2 corresponde aos rios Matipó, Piracicaba, Santo Antônio e Doce até UHE de Baguari. As tabelas a seguir apresentam os resultados dos rios Matipó, Doce, Piracicaba, Santo Antônio

Tabela 5.91 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Matipó

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RMA 01
				17-out-17 17:33
Alumínio	mg/kg	-	-	7.836
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 1,9
Bário	mg/kg	-	-	65
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,32
Carbono orgânico total	%	* 10		0,97
Chumbo	mg/kg	35	91,3	11
Cobre	mg/kg	35,7	197	13
Cromo	mg/kg	37,3	90	43
Ferro	mg/kg	-	-	17181
Fósforo total	mg/kg	*2.000		238
Manganês	mg/kg	-	-	116
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	12
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		190,9
pH	-	-	-	6,8
Zinco	mg/kg	123	315	37

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.92 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Piracicaba

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RPC 01	RPC 02	RPC 03
				23-out-17	3-out-17	18-out-17
				10:46	11:45	10:34
Alumínio	mg/kg	-	-	2564	2072	11825
Arsênio	mg/kg	5,9	17	8,5	5,4	14
Bário	mg/kg	-	-	95	33	60
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,25	< 0,34	< 0,25
Carbono orgânico total	%	* 10		0,29	2,3	3,4
Chumbo	mg/kg	35	91,3	9	7,7	18
Cobre	mg/kg	35,7	197	< 1,5	3,5	9,6
Cromo	mg/kg	37,3	90	9	31	52
Ferro	mg/kg	-	-	117057	136871	238601
Fósforo total	mg/kg	*2.000		288	346	861
Manganês	mg/kg	-	-	1846	820	1289
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,27	< 0,14	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,8	9,6	11
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		310,1	355,8	472,5
pH	-	-	-	7,3	7	6,8
Zinco	mg/kg	123	315	19	31	45

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.93 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Santo Antônio

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RSA 01
				19-out-17
				11:35
Alumínio	mg/kg	-	-	1980
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 1,5
Bário	mg/kg	-	-	20
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,25
Carbono orgânico total	%	* 10		0,67
Chumbo	mg/kg	35	91,3	5,7
Cobre	mg/kg	35,7	197	1,8
Cromo	mg/kg	37,3	90	7,3
Ferro	mg/kg	-	-	7650
Fósforo total	mg/kg	*2.000		49
Manganês	mg/kg	-	-	62
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,13
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,6
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		189,8
pH	-	-	-	8,2
Zinco	mg/kg	123	315	12

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.94 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RDO 03	RDO 04	RDO 05	RDO 06
				17-out-17	18-out-17	19-out-17	20-out-17
				10:40	13:55	16:58	10:01
Alumínio	mg/kg	-	-	1490	3786	23900	8226
Arsênio	mg/kg	5,9	17	4,1	9,5	5,8	6,7
Bário	mg/kg	-	-	16	44	92	52
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,25
Carbono orgânico total	%	* 10		< 0,25	0,44	< 0,25	4,6
Chumbo	mg/kg	35	91,3	2,6	5,7	29	12
Cobre	mg/kg	35,7	197	< 1,5	6,8	12	10
Cromo	mg/kg	37,3	90	8,1	23	62	37
Ferro	mg/kg	-	-	35.682	45.813	43.170	145.510
Fósforo total	mg/kg	*2.000		74	201	397	371
Manganês	mg/kg	-	-	205	526	513	942
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,13	< 0,14	< 0,15	< 0,13
Níquel	mg/kg	18	35,9	2,7	6,3	16	8,8
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		380,5	474,3	670,9	635
pH	-	-	-	7,6	7	7	7,9
Zinco	mg/kg	123	315	8,1	18	76	39

* Valores de Alerta Tabela 5.86

As análises químicas nos sedimentos do rio Santo Antonio, não apresentou nenhum parâmetro desenquadrados em relação a norma ambiental (CONAMA 454/2012 (Água Doce Níveis 1 e 2). Já alguns pontos do rio Piracicaba (RPC 01 e 03) e do rio Doce (RDO 04 e 06) apresentaram concentrações de arsênio acima do nível 1 do CONAMA 454/12. Cromo também foi detectado acima do nível 1 nos rios Piracicaba (RPC03), Matipó (RMA01) e Doce (RDO05).

Estes metais já foram identificados em concentrações elevadas em estudos anteriores ao rompimento da barragem (Deschamps e Matschullat, 2007; Pacheco, 2015) e, conforme citado anteriormente, as ocorrências de arsênio não estão relacionadas ao rompimento da barragem. Os resultados dos parâmetros mais associados aos rejeitos (ferro, alumínio e manganês) apresentaram grande variabilidade, sem padrão associado. O alumínio variou no sedimento do rio Doce de 681 a 25.487 mg/kg, sendo que afluentes não impactados como Piracicaba, Matipó e Caratinga apresentaram valores de ordem de até 11.825 mg/kg. Esses valores de alumínio podem ser considerados normais uma vez que representam 0,68 a 2,5% de alumínio. O ferro apresentou resultados variando, nos rios impactados, de 3.143 a 145.510 mg/kg, sendo que afluentes não impactados como o Piracicaba o ferro apresentou o maior valor registrado de 238.601 mg/kg, quase o dobro do maior valor encontrado no rio Doce. Esses valores podem ser considerados normais pois representam concentrações 0,3 a 23,8 % e o ferro é um elemento mais abundante do que o alumínio num ambiente fluvial. O manganês também apresentou grande variação nas concentrações com valores entre 25 a 2.321 mg/kg, nos rios impactados, sendo no ponto do rio Gualaxo do Norte não impactado pelo rejeito, apresentou a maior concentração de 3.912 mg/kg, apresentando um padrão de variação com concentrações menores no baixo rio doce e maiores nos afluentes mais acima como o Gualaxo do Norte, Carmo e Piracicaba.

5.6.1.3 Trecho 3

O trecho 3 engloba os rios Suaçuí, Caratinga, Manhuaçu e Doce até a UHE Aimorés. As tabelas a seguir apresentam os resultados das análises químicas para essas drenagens e os valores comparativos com a Resolução CONAMA 454/12 (Níveis 1 e 2).

Tabela 5.95 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RDO 07	RDO 08	RDO 09	RDO 10
				03-out-17	03-out-17	04-out-17	05-out-17
				10:20	15:30	15:20	15:20
Alumínio	mg/kg	-	-	2552	1290	817	14618
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 2,1	3,9	< 2,0	9,4
Bário	mg/kg	-	-	24	21	14	101
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,34	< 0,31	< 0,33	< 0,43
Carbono orgânico total	%	* 10		1,3	0,79	2	0,82
Chumbo	mg/kg	35	91,3	7	2,4	1,8	13
Cobre	mg/kg	35,7	197	4,2	< 1,9	< 2,0	13
Cromo	mg/kg	37,3	90	23	10	7,8	44
Ferro	mg/kg	-	-	19449	5785	4265	45638
Fósforo total	mg/kg	*2.000		144	50	62	280
Manganês	mg/kg	-	-	297	224	182	418
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,14	< 0,14	< 0,14	< 0,15
Níquel	mg/kg	18	35,9	4,7	3,8	2,9	15
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		347,7	146	127,8	1749
pH	-	-	-	6,9	7,1	6,8	6,7
Zinco	mg/kg	123	315	15	9,7	6	49

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.96 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Suaçuí

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RSG 01
				04-out-17
				12:00
Alumínio	mg/kg	-	-	704
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 1,9
Bário	mg/kg	-	-	15
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,31
Carbono orgânico total	%	* 10		0,43
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,4
Cobre	mg/kg	35,7	197	< 1,9
Cromo	mg/kg	37,3	90	5,5
Ferro	mg/kg	-	-	4372
Fósforo total	mg/kg	*2.000		31
Manganês	mg/kg	-	-	137
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	2,3
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		170,2
pH	-	-	-	6,7
Zinco	mg/kg	123	315	4,5

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.197 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Caratinga

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RCR 01
				05-out-17
				11:40
Alumínio	mg/kg	-	-	9798
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 2,5
Bário	mg/kg	-	-	116
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,41
Carbono orgânico total	%	* 10		5,4
Chumbo	mg/kg	35	91,3	7,7
Cobre	mg/kg	35,7	197	9
Cromo	mg/kg	37,3	90	33
Ferro	mg/kg	-	-	19169
Fósforo total	mg/kg	*2.000		160
Manganês	mg/kg	-	-	257
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,15
Níquel	mg/kg	18	35,9	11
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		1192,4
pH	-	-	-	6,1
Zinco	mg/kg	123	315	35

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.198 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Manhuaçu

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RMH 01
				06-out-17
				14:06
Alumínio	mg/kg	-	-	741,00
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 2,1
Bário	mg/kg	-	-	9,7
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,35
Carbono orgânico total	%	* 10		2,2
Chumbo	mg/kg	35	91,3	8,3
Cobre	mg/kg	35,7	197	< 2,1
Cromo	mg/kg	37,3	90	4,7
Ferro	mg/kg	-	-	2672
Fósforo total	mg/kg	*2.000		21
Manganês	mg/kg	-	-	84
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,15
Níquel	mg/kg	18	35,9	0,91
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		677,1
pH	-	-	-	5,8
Zinco	mg/kg	123	315	3,8

* Valores de Alerta Tabela 5.86

As análises químicas nos sedimentos dos rios Suaçuí, Caratinga e Manhuaçu, não apresentaram nenhum parâmetro desenhados em relação a norma ambiental (CONAMA 454/2012 (Água Doce Níveis 1 e 2) e um ponto no rio Doce (RDO 10) apresentou o parâmetro arsênio acima do nível 1 da norma. Assim conforme citado anteriormente, essas ocorrências de arsênio não estão relacionadas ao rompimento da barragem.

5.6.1.4 Trecho 4

O trecho 4 envolve o rio Guandu, o rio Doce até a foz e as Lagoas do Areal, do Areão, do Limão, Lagoa Juparanã, Lagoa Nova e Lagoa Monsarás.

As tabelas a seguir apresentam os resultados e o comparativo com a legislação ambiental vigente, CONAMA 454/2012- Água doce para os pontos do rio Doce e lagoas e águas salobra/salina para o ponto da foz do rio Doce.

Tabela 5.99 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RDO 11	RDO 12	RDO 13	RDO 14	RDO 15
				10-out-17	10-out-17	11-out-17	17-out-17	18-out-17
				14:00	10:10	12:48	12:48	12:30
Alumínio	mg/kg	-	-	2211	25487	947	825	681
Arsênio	mg/kg	5,9	17	2	7,2	< 1,8	< 1,5	2,1
Bário	mg/kg	-	-	18	171	7,7	11	13
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,25	< 0,39	< 0,31	< 0,25	< 0,25
Carbono orgânico total	%	* 10		1,1	1,2	< 0,25	0,71	0,46
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,8	26	1,2	2,7	0,98
Cobre	mg/kg	35,7	197	< 1,5	26	< 1,8	< 1,5	< 1,5
Cromo	mg/kg	37,3	90	8,4	71	4,8	6,3	4,4
Ferro	mg/kg	-	-	7426	48330	3143	4394	3265
Fósforo total	mg/kg	*2.000		65	451	34	41	35
Manganês	mg/kg	-	-	69	548	79	47	154
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15
Níquel	mg/kg	18	35,9	2,4	20	1,8	2	1,8
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		279,2	869,3	71,1	363,7	360,4
pH	-	-	-	6,7	6,9	7,3	8,1	7,8
Zinco	mg/kg	123	315	8,4	75	4,2	7,7	4,5

* Valores de Alerta Tabela 5.89

Tabela 5.100 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Doce

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água salobra/ salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água salobra/salina Nível 2)	RDO 16
				25-out-17
				10:50
Alumínio	mg/kg	-	-	4274
Arsênio	mg/kg	19	70	8,9
Bário	mg/kg	-	-	15
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,25
Carbono orgânico total	%	* 10		1
Chumbo	mg/kg	46,7	218	3,7
Cobre	mg/kg	34	270	2,8
Cromo	mg/kg	81	370	17
Ferro	mg/kg	-	-	13029
Fósforo total	mg/kg	*2.000		118
Manganês	mg/kg	-	-	213
Mercúrio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,15
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	5,5
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		405
pH	-	-	-	7,3
Zinco	mg/kg	150	410	16

* Valores de Aleta Tabela 5.86

Tabela 5.101 - Resultados de qualidade de sedimentos para o rio Guandu

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	RGU 01
				6-out-17
				09:36
Alumínio	mg/kg	-	-	2096
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 1,6
Bário	mg/kg	-	-	34
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,27
Carbono orgânico total	%	* 10		0,6
Chumbo	mg/kg	35	91,3	1,9
Cobre	mg/kg	35,7	197	2,1
Cromo	mg/kg	37,3	90	9
Ferro	mg/kg	-	-	4836
Fósforo total	mg/kg	*2.000		61
Manganês	mg/kg	-	-	25
Mercúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	2,7
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		243,6
pH	-	-	-	5,6
Zinco	mg/kg	123	315	8,8

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Os pontos referentes às análises do rio Doce são a jusante do desague do rio Guandu. Ao decorrer do curso do rio Doce é observada a redução dos valores de alumínio no sedimento e a alta variação dos valores de ferro nos pontos RGU 01, RDO 12, 13 e 14 analisados. Observa-se concentração de arsênio acima do nível 1 da Resolução CONAMA 454/ no rio Doce no ponto RDO 12.

5.6.1.5 Lagoas

Os resultados químicos das análises dos sedimentos das lagoas estão apresentados nas tabelas a seguir, assim como os comparativos com a Resolução CONAMA 454/2012 (Água Doce Níveis 1 e 2).

Tabela 5.102 - Resultados de qualidade de sedimentos para lagoa do Limão

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	LLM 01		LLM 02		LLM 03	
				14-ago-17	10-out-17	14-ago-17	10-out-17	14-ago-17	10-out-17
				16:30	14:30	13:48	13:30	14:59	11:20
Alumínio	mg/kg	-	-	5075	16370	6242	12792	3132	10577
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 1,8	2,4	< 1,8	2,2	< 1,7	3,5
Bário	mg/kg	-	-	6,4	124	15	93	16	77
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,31	< 0,24	< 0,30	< 0,24	< 0,28	< 0,25
Carbono orgânico total	%	* 10		1,6	3,2	0,77	2,1	0,53	3,3
Chumbo	mg/kg	35	91,3	4,8	13	3,7	8,9	3,3	11
Cobre	mg/kg	35,7	197	< 1,8	10	< 1,8	6,4	< 1,7	8,5
Cromo	mg/kg	37,3	90	22	37	15	31	9,7	31
Ferro	mg/kg	-	-	17637	32841	15953	33501	7700	26229
Fósforo total	mg/kg	*2.000		64	282	98	263	83	273
Manganês	mg/kg	-	-	32	714	34	637	35	482
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,36	< 0,15	< 0,34	< 0,14	< 0,34	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	0,91	10	0,89	6,9	0,78	8,7
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		389,7	1.660,5	331,3	57,3	606,8	1.450,6
pH	-	-	-	6,7	7,2	7,6	6,8	7	6,5
Zinco	mg/kg	123	315	5,3	41	6,6	34	4,8	39

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.103 - Resultados da qualidade de sedimentos para lagoa Nova

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	LNV 01		LNV 02		LNV 03	
				21-ago-17	19-out-17	21-ago-17	19-out-17	14-ago-17	19-out-17
				10:40	12:30	18:00	15:50	15:20	13:50
Alumínio	mg/kg	-	-	14308	3985	5096	3327	646	3023
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 2,8	< 1,5	< 2,6	< 1,5	< 1,8	< 1,4
Bário	mg/kg	-	-	125	33	19	< 4,8	< 6,1	< 4,8
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,47	< 0,24	< 0,43	< 0,24	< 0,30	< 0,24
Carbono orgânico total	%	* 10		3,1	1,4	1,2	2,6	0,29	0,63
Chumbo	mg/kg	35	91,3	14	3,9	3,9	1,8	< 0,61	1,9
Cobre	mg/kg	35,7	197	12	3,8	8,6	< 1,5	< 1,8	< 1,4
Cromo	mg/kg	37,3	90	38	11	10	9,8	1,9	8,7
Ferro	mg/kg	-	-	34888	7596	3015	4101	197	4108
Fósforo total	mg/kg	*2.000		306	59	91	24	5,4	16
Manganês	mg/kg	-	-	601	122	42	4	1,8	4,2
Merúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,50	< 0,13	< 0,47	< 0,13	< 0,36	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	12	2,7	2,2	< 0,48	< 0,61	< 0,48
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		2690,7	2065,2	3836,5	6,4	505,1	275,3
pH	-	-	-	7	6,5	6	6,1	6	6,7
Zinco	mg/kg	123	315	45	12	8,2	< 2,4	< 3,0	< 2,4

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.104 - Resultados químicos de sedimentos para lagoa Juparanã

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	LJP 01		LJP 02		LJP 03	
				18-ago- 17	18-out- 17	18-ago-17	18-out-17	21-ago- 17	18-out- 17
				16:36	17:10	15:00	18:00	08:30	15:40
Alumínio	mg/kg	-	-	38364	39112	7655	2.073	9877	37138
Arsênio	mg/kg	5,9	17	16	7,8	2,1	<1,5	< 2,3	7,9
Bário	mg/kg	-	-	281	163	52	21	55	156
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,79	< 0,25	< 0,34	<0,24	< 0,39	< 0,24
Carbono orgânico total	%	* 10		3,9	0,78	< 0,25	1,3	5,7	1,6
Chumbo	mg/kg	35	91,3	32	18	7,6	2,6	6,9	18
Cobre	mg/kg	35,7	197	29	9,1	4,6	<1,5	3,5	8,7
Cromo	mg/kg	37,3	90	92	41	20	6,7	16	39
Ferro	mg/kg	-	-	100042	57824	16062	5.526	22988	55285
Fósforo total	mg/kg	*2.000		966	1241	180	94	406	1210
Manganês	mg/kg	-	-	1596	881	161	51	229	844
Merúrio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,93	< 0,13	< 0,36	<0,15	< 0,42	< 0,15
Níquel	mg/kg	18	35,9	27	9,5	5,8	1,7	3,8	9,3
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		5166,8	628,8	1548,3	1.354,1	666,7	2421,5
pH	-	-	-	7	6,8	7	7	6,6	6,7
Zinco	mg/kg	123	315	101	74	22	7,3	24	71

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.105 - Resultados químicos de qualidade de sedimentos das lagoas Areão e Areal

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	LAO 01		LAO 02		LAL 01	
				17-ago-17	24-out-17	17-ago-17	24-out-17	17-ago-17	24-out-17
				13:30	11:50	14:10	10:48	10:10	13:10
Alumínio	mg/kg	-	-	17236	29116	18716	27856	39562	10808
Arsênio	mg/kg	5,9	17	6,8	12	70	9,4	12	31
Bário	mg/kg	-	-	121	157	61	180	287	30
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,39	< 0,25	< 0,90	< 0,25	< 0,78	< 0,24
Carbono orgânico total	%	* 10		2	3,3	7	1,8	2,5	17
Chumbo	mg/kg	35	91,3	14	19	13	20	30	6,9
Cobre	mg/kg	35,7	197	13	17	< 5,4	21	31	< 1,5
Cromo	mg/kg	37,3	90	41	55	91	63	95	42
Ferro	mg/kg	-	-	44159	51418	387752	51612	92523	170565
Fósforo total	mg/kg	*2.000		407	515	1379	474	751	1042
Manganês	mg/kg	-	-	745	717	858	723	1520	274
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,46	< 0,28	< 1,1	< 0,15	< 0,89	< 0,14
Níquel	mg/kg	18	35,9	12	16	6,6	19	30	2,8
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		2488,4	2699,6	8.183,4	1897	4.939,8	4224,9
pH	-	-	-	7	6,7	7,6	7	7	6,6
Zinco	mg/kg	123	315	44	60	74	71	104	37

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Tabela 5.106 - Resultados químicos de qualidade de sedimentos da lagoa Monsarás

Parâmetros	Unidades	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2)	LMN 01		LMN 02	
				16-ago-17	20-out-17	16-ago-17	20-out-17
				18:20	12:20	16:05	13:30
Alumínio	mg/kg	-	-	668	8817	15243	1341
Arsênio	mg/kg	5,9	17	< 1,8	7	< 4,3	< 1.5
Bário	mg/kg	-	-	< 5,8	54	46	< 4.9
Cádmio	mg/kg	0,6	3,5	< 0,29	< 0,25	< 0,72	< 0.25
Carbono orgânico total	%	* 10		2,2	7,7	2,3	< 0.25
Chumbo	mg/kg	35	91,3	< 0,58	8,1	7,7	1.1
Cobre	mg/kg	35,7	197	< 1,8	6	7,1	< 1.5
Cromo	mg/kg	37,3	90	2,5	21	27	8,2
Ferro	mg/kg	-	-	2718	42154	11661	5162
Fósforo total	mg/kg	*2.000		207	508	151	62
Manganês	mg/kg	-	-	34	220	49	44
Mercurio	mg/kg	0,17	0,486	< 0,32	< 0,13	< 0,82	< 0.14
Níquel	mg/kg	18	35,9	1,2	5	4,4	1.4
Nitrogenio kjedahl total	mg/kg	*4.800		171,1	2.460,7	6.796,3	296.8
pH	-	-	-	6	7	8,4	6
Zinco	mg/kg	123	315	< 2,9	28	17	5.3

* Valores de Alerta Tabela 5.86

Existem três pontos de monitoramento na **lagoa do Limão** e houve duas campanhas de ensaio, uma em agosto outra em outubro/2017, ambas em período de estiagem. A lagoa do Limão é abastecida fluvialmente apenas pelo rio Doce, e também há as contribuições de chuva e do lençol freático. No período entre as leituras percebe-se que os valores de alumínio e ferro dos três pontos ou dobram ou triplicam. A maioria dos parâmetros se elevaram de uma análise para outra, um dos fatores que podem ter grande contribuição para isso foi a evaporação e baixo índice de chuvas. Apesar das elevações dos valores dos parâmetros, até outubro as concentrações obtidas não ultrapassaram os critérios da resolução Conama 454/2012, tanto nível 1 quanto nível 2.

A **lagoa Nova**, diferente da lagoa do Limão tem um segundo rio contribuinte, além do rio Doce, o rio Bananal. Para a lagoa Nova, nenhum parâmetro apresentou acima dos valores preconizados na legislação vigente.

A **lagoa Juparanã** apresentou os elementos cromo e nitrogênio kjedahl total no ponto (LJP 01) acima do valor máximo permitido (CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 2) e os LJP 02 e LJP 03 ficaram abaixo o limite estabelecido para esse parâmetro, que é o mesmo para os dois níveis de referência. Portanto acredita-se que essa concentração seja localizada e pouco representativa. Na época do rompimento da barragem, foram realizadas obras de fechamento do canal de interligação, entre a lagoa e o rio Doce, para evitar que fosse atingida pela lama de rejeito, por tanto essas ocorrências desses elementos citados não estão relacionados com o rompimento da barragem.

De acordo com a tabela 5.105, é possível notar que nas **lagoas do Areal e Areão** nos pontos LAL01 e LAO02 foram detectados arsênio, cromo e nitrogênio kjedahl total acima do valor máximo permitido CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1), sendo que arsênio excedeu nível 2. De acordo com a tabela 5.106, para a **lagoa Monsarás** percebe-se que os parâmetros nitrogênio kjedahl total, no ponto LMN 02, e arsênio no ponto LMN01, estiveram acima do valor máximo permitido da CONAMA 454/2012 (Água Doce Nível 1).

Essas ocorrências não estão associadas ao rejeito uma vez que esse parâmetro não faz parte da composição do minério e nem de seu processamento de beneficiamento. Essas ocorrências de nitrogênio kjedahl total provavelmente estão associada a esgotos domésticos, ou

efluente industrial ou até mesmo fertilizantes no solo. Arsênio, como dito anteriormente, não estão associadas com o rejeito proveniente do rompimento da barragem.

Os resultados dos parâmetros mais associados aos rejeitos (ferro, alumínio e manganês) apresentaram grande variabilidade, sem padrão associado. O ferro, alumínio e manganês apresentaram maiores concentrações nas lagoas do Areão (Fe 387.752mg/kg; Al 29.116mg/kg; Mn 858mg/kg), Areal (Fe 170.565mg/kg; Al 39.562 mg/kg; Mn 1.520mg/kg) e Juparanã (Fe 100.042 mg/kg; Al 39.112 mg/kg; Mn 1.241mg/kg).

5.6.2 Granulometria

Em geral a granulometria de sedimentos de rejeito do processo de beneficiamento do ferro são silto arenosos ou areno siltosos, sendo uma areia bastante fina, normalmente apresentam cor acinzentada.

A mistura de rejeitos e água resultante do rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão escoou pelos cursos d'água locais e alcançou o oceano Atlântico, percorrendo o Córrego Santarém, o Rio Gualaxo do Norte, o Rio do Carmo e o Rio Doce. O percurso feito pelos rejeitos inclui várias grandes barragens e reservatórios localizados a jusante do Rio Doce, o que consequentemente auxiliou na contenção de parte dos sedimentos transportados.

Os trechos de maior impacto com o rompimento da barragem foram o 1 e o 2, que não só apresentaram cor diferente dos rios, como pode-se perceber maior quantidade de sólidos em suspensão, não só do rejeito da barragem mas também do material que esse rompimento arrastou com ele, desde partículas de diâmetros maiores com cascalhos, até material argiloso em suspensão e partículas coloidais.

Os rios sofreram alterações desde mudanças na capacidade de transporte e no fluxo de sedimentos, variabilidade na largura do rio e formação de ilhas foram observadas ao longo do rio.

Os gráficos granulométricos dos sedimentos coletados dos pontos de monitoramento estão apresentados de acordo com os trechos e localizações.

Os gráficos de 5.36 a 5.55 apresentam as curvas granulométricas dos rios e lagoas dos trechos de 1 a 4.

Gráfico 5.36: Curva granulométrica do rio Gualaxo do Norte

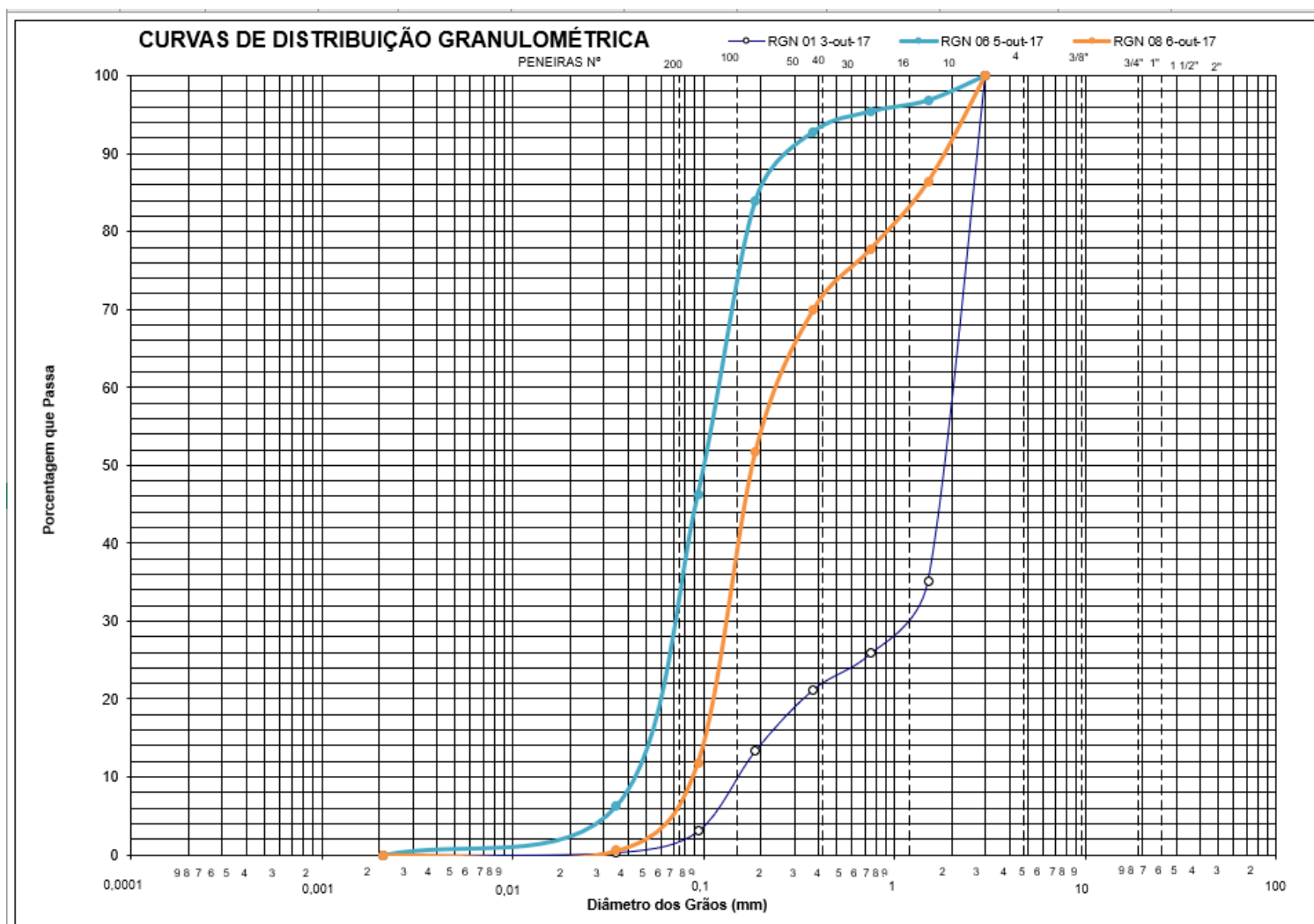


Gráfico 5.37: Curva de distribuição granulométrica do rio Carmo

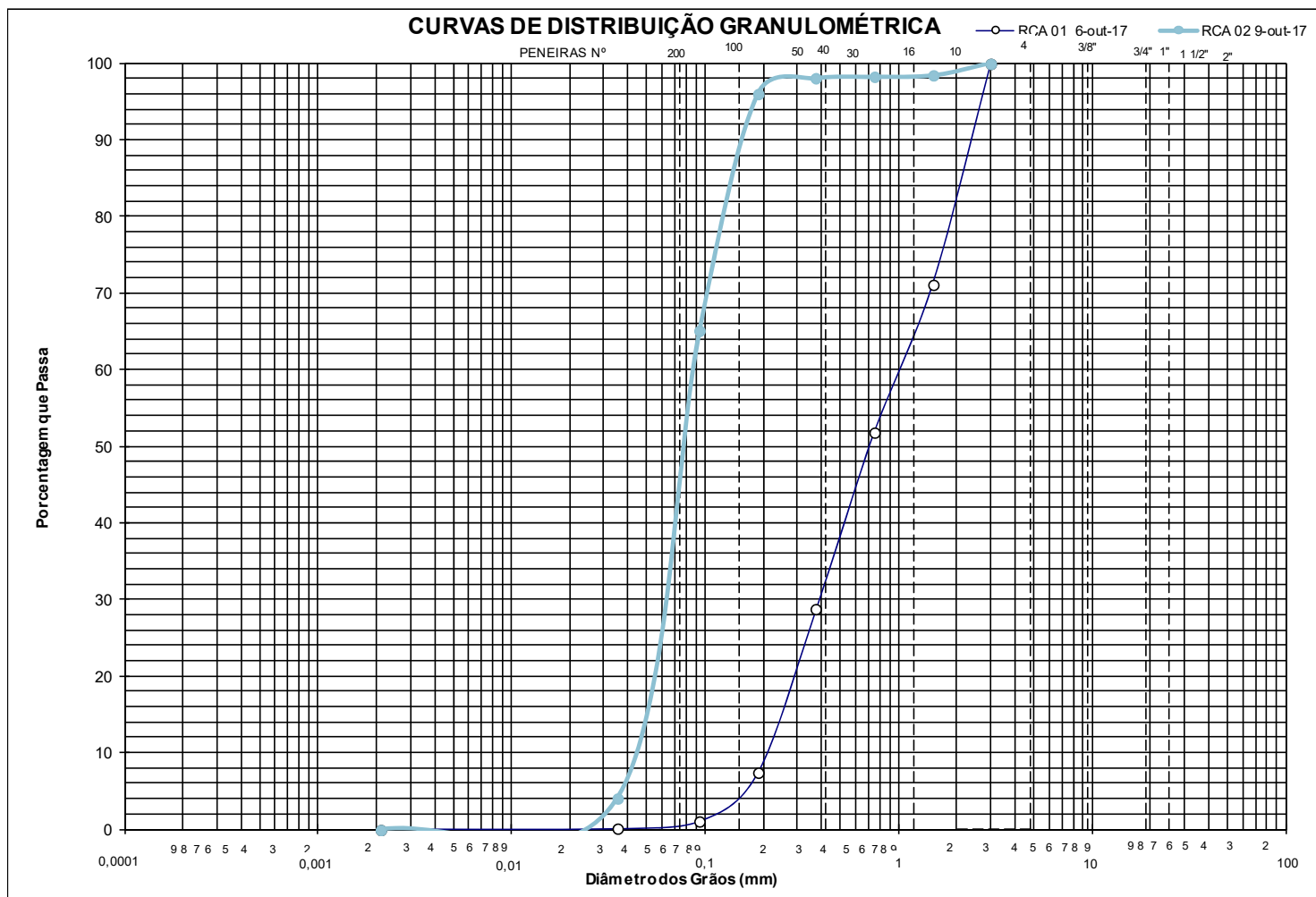


Gráfico 5.38: Curva de distribuição granulométrica do rio Piranga



Gráfico 5.39: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce



Como o ponto RCA 01 não foi diretamente impactado pelo rompimento da barragem, é possível que a alteração granulométrica sofrida no RCA 02 seja por influência do rejeito.

O ponto RGN 01 não foi impactado pelo rompimento da barragem, logo pode ser utilizado como parâmetro. O sedimento do RGN 01 se mostrou com maior percentual de grânulos, e pouca quantidade de areia média a grossa, já os pontos RGN 06 e RGN 08 são granulométricamente mais parecidos entre si e tem maior porcentagem de areia fina e média o que pode caracterizar influência do rejeito no sedimento do rio.

O ponto RPG 01 do rio Piranga não foi diretamente impactado pelo rompimento da barragem, portanto a curva granulométrica se refere ao sedimento natural do rio.

O RDO 01 apresentou 61% de areia fina seguida por 30 % de areia média e baixos percentuais de grânulos, argila e silte que é um padrão semelhante as amostras do rio Galaxo do Norte.

Gráfico 5.40: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce

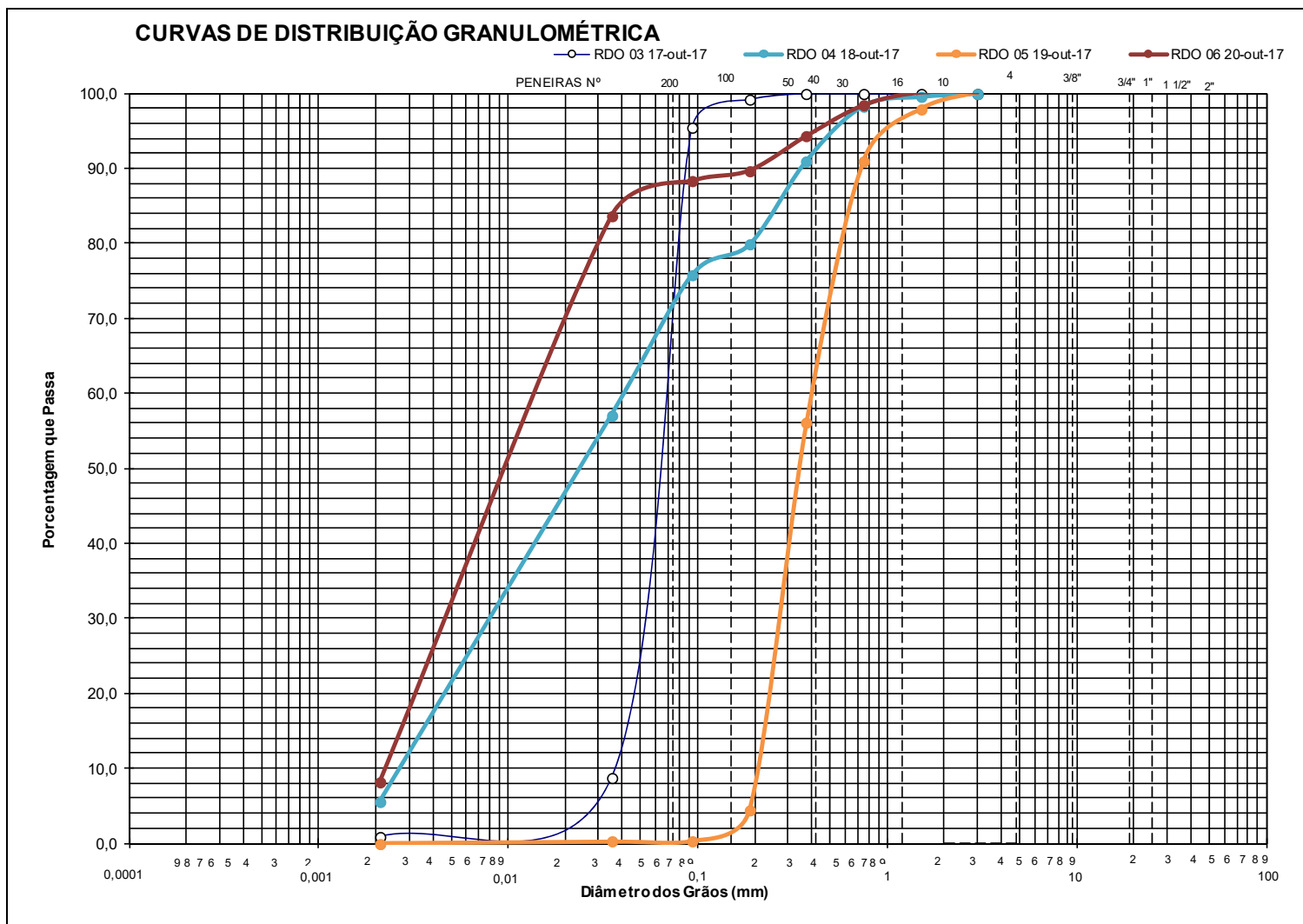


Gráfico 5.41: Curva de distribuição granulométrica do rio Matipó



Gráfico 5.42: Curva de distribuição granulométrica do rio Piracicaba

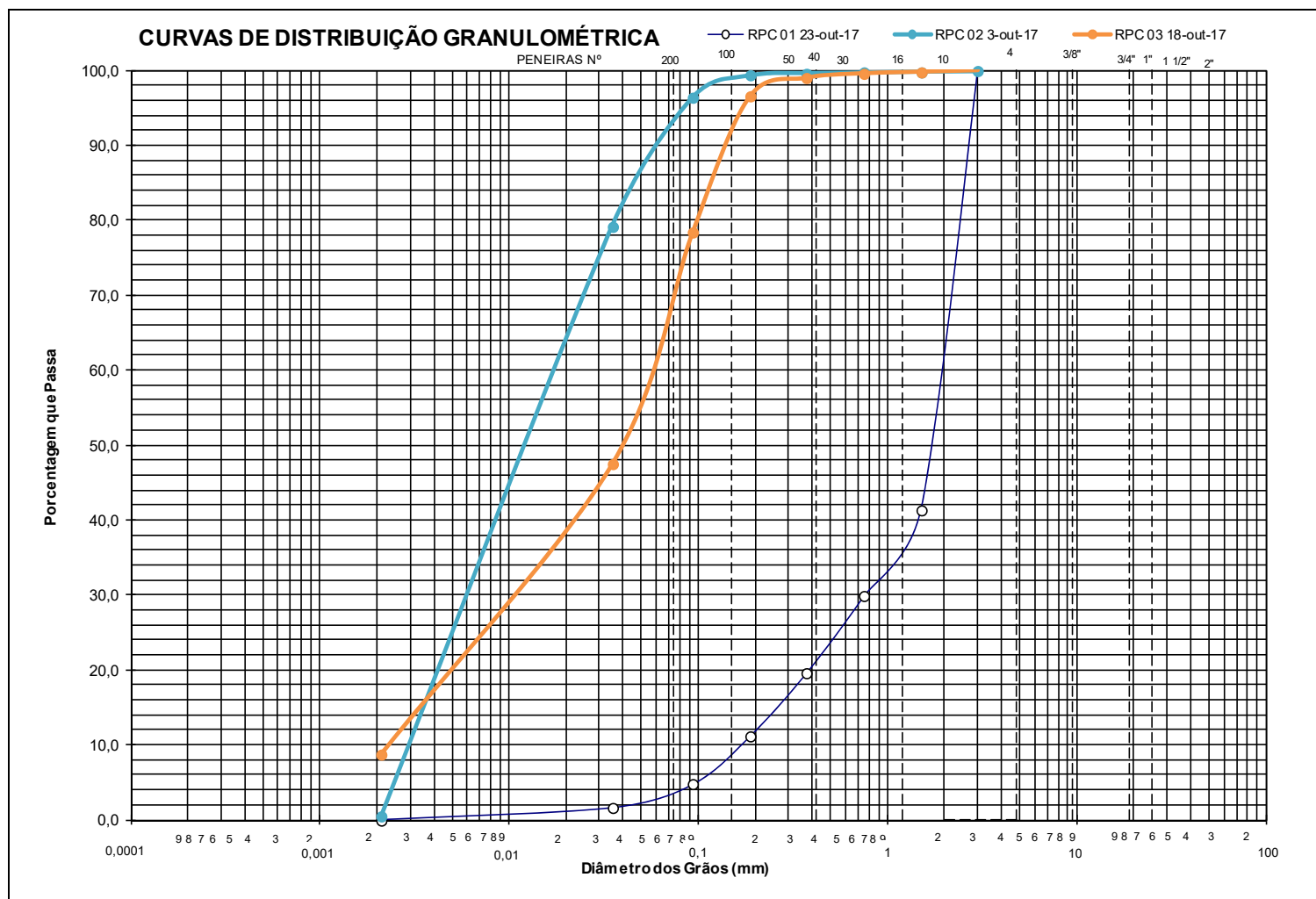


Gráfico 5.43: Curva de distribuição granulométrica do rio Santo Antônio



Como esses pontos do rio Doce ficam após a UHE Risoleta Neves, grande parte do sedimento provavelmente deve ter ficado retido na UHE, e portanto a influência do rejeito nesses pontos ainda existe, mas é menor que nos pontos do trecho anterior.

Apesar de uma granulometria bastante uniforme, o rio Matipó não foi diretamente afetado pelo rejeito, o que sugere que essa granulometria majoritariamente composta de areia fina é característica do sedimento do próprio rio.

O rio Piracicaba também não foi impactado diretamente pelo rompimento da barragem, logo a granulometria melhor distribuída e um pouco mais grosseira no ponto mais montante é característica do próprio sedimento do rio.

O rio Santo Antônio, que não foi impactado diretamente pelo rejeito, possui uma granulometria mais variada, desde argila até grânulos. Em geral uma granulometria mais grosseira de 0,50 mm, ou seja de areia grossa.

Gráfico 5.44: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce

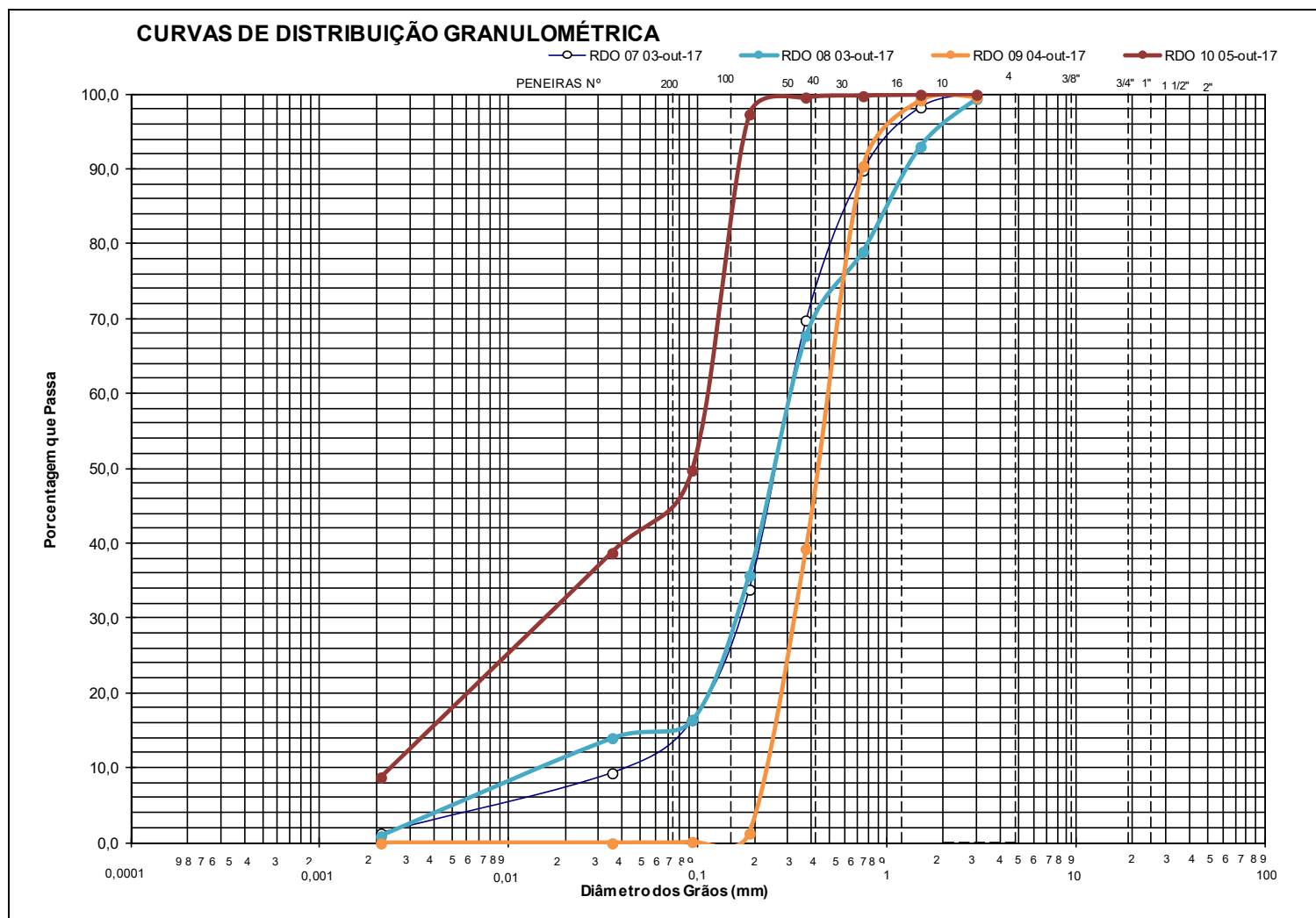


Gráfico 5.45: Curva de distribuição granulométrica do rio Suaçuí



Gráfico 5.46: Curva de distribuição granulométrica do rio Caratinga



Gráfico 5.47: Curva de distribuição granulométrica do rio Manhuaçu



Esses pontos no trecho do rio Doce são após a UHE de Baguari, e por isso sofre um pouco menos influência do rejeito mais grosseiro, apesar de exibir uma granulometria bastante arenosa tem pequenas porções de silte e argila também, esse fato reforça a tese de que a fração mais grosseira dos sedimentos ficou retida na UHE.

O rio Suaçuí Grande apresenta um sedimento de granulometria com maior porcentagem de areia grossa, bastante uniforme e com pouca ou nenhuma influência do rejeito da barragem rompida.

O rio Caratinga, que não foi afetado diretamente pelo rompimento da barragem, apresenta granulometria varia e heterogênea composta majoritariamente de areia e argila.

O rio Manhuaçu apresenta um sedimento heterogêneo composto desde argila até grânulos, o que é uma distribuição bastante comum em sedimentos de rios.

Gráfico 5.48: Curva de distribuição granulométrica do rio Guandu



Gráfico 5.49: Curva de distribuição granulométrica do rio Doce

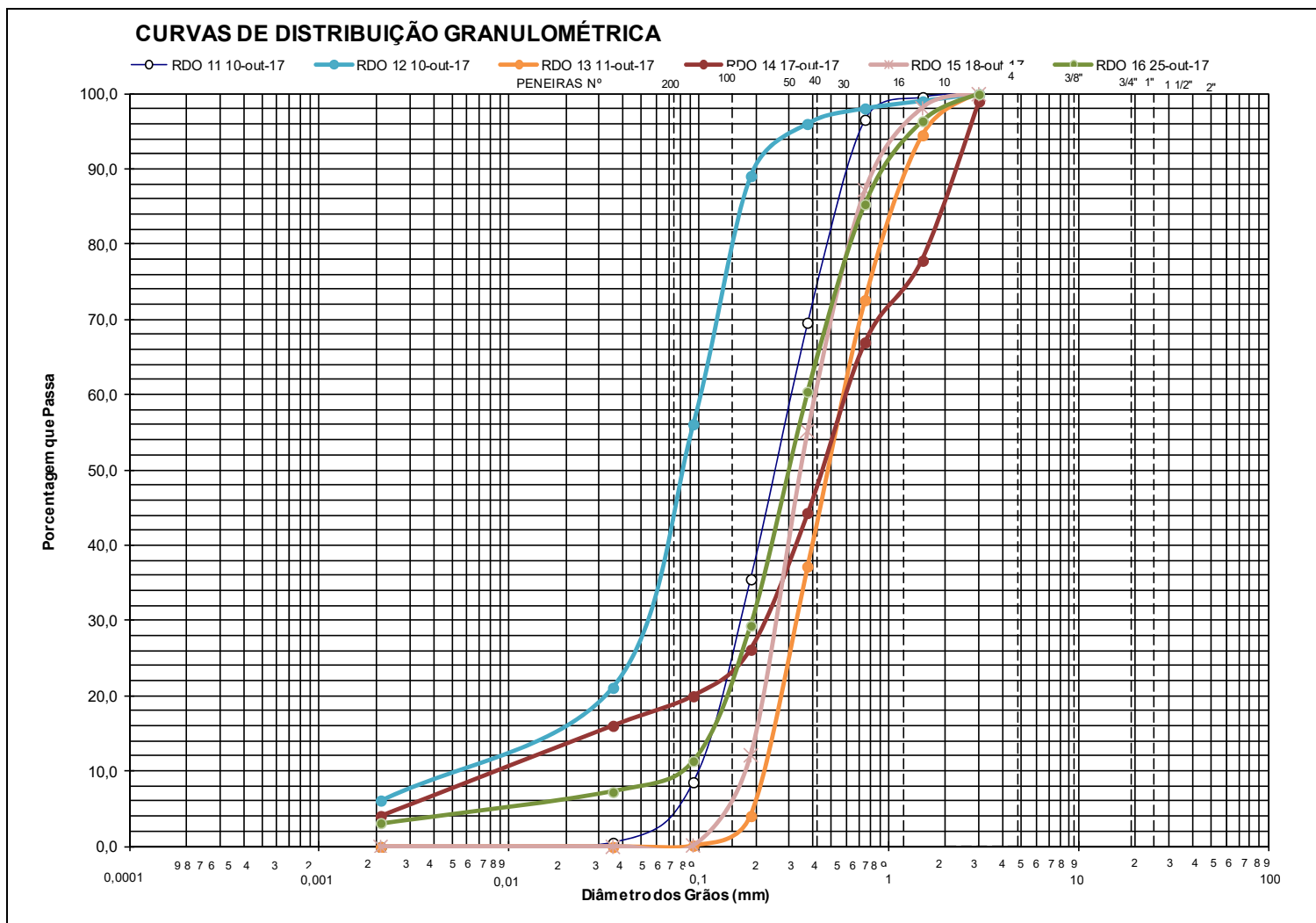


Gráfico 5.50: Curva de distribuição granulométrica do lagoa do Limão

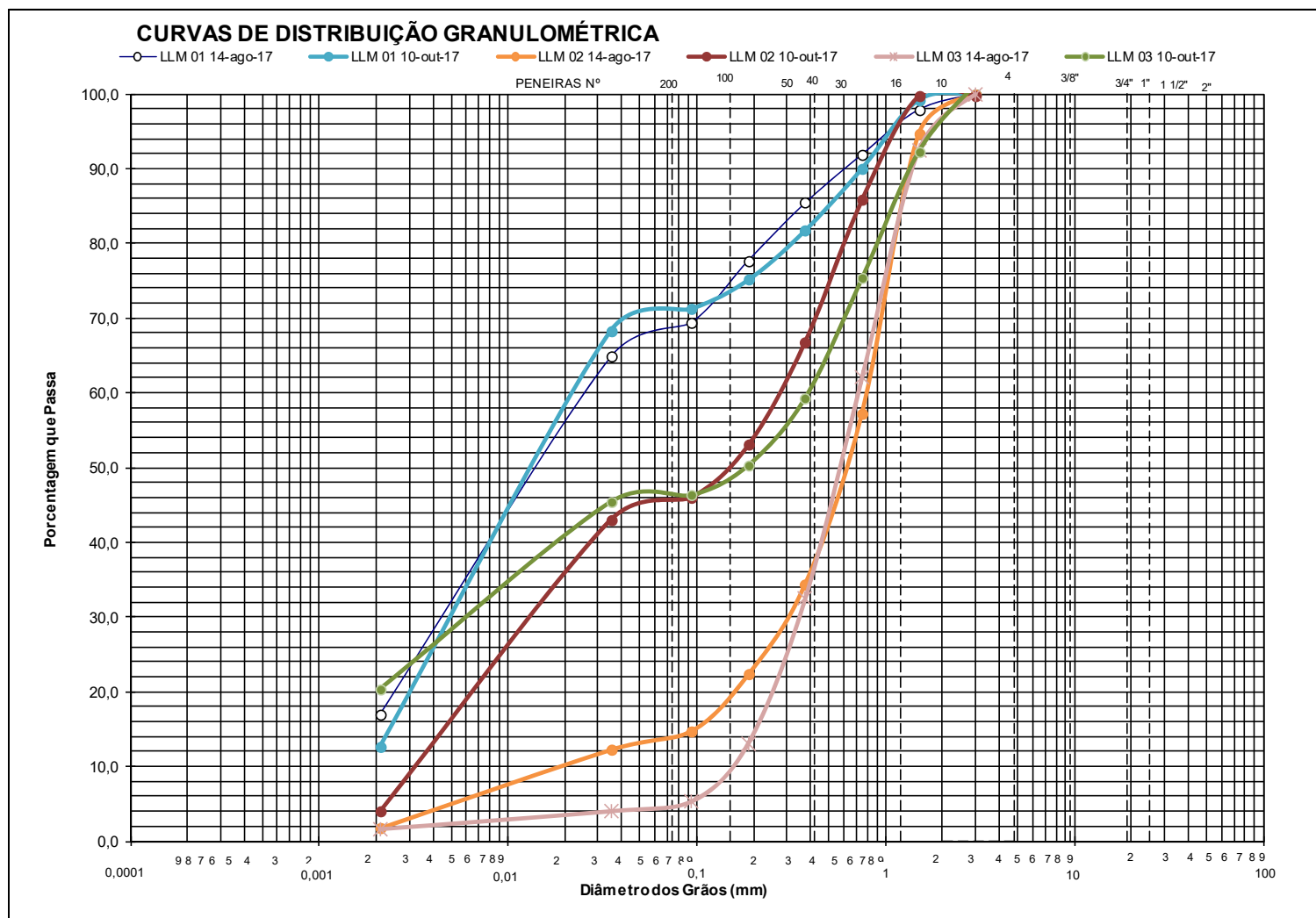


Gráfico 5.51: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Nova

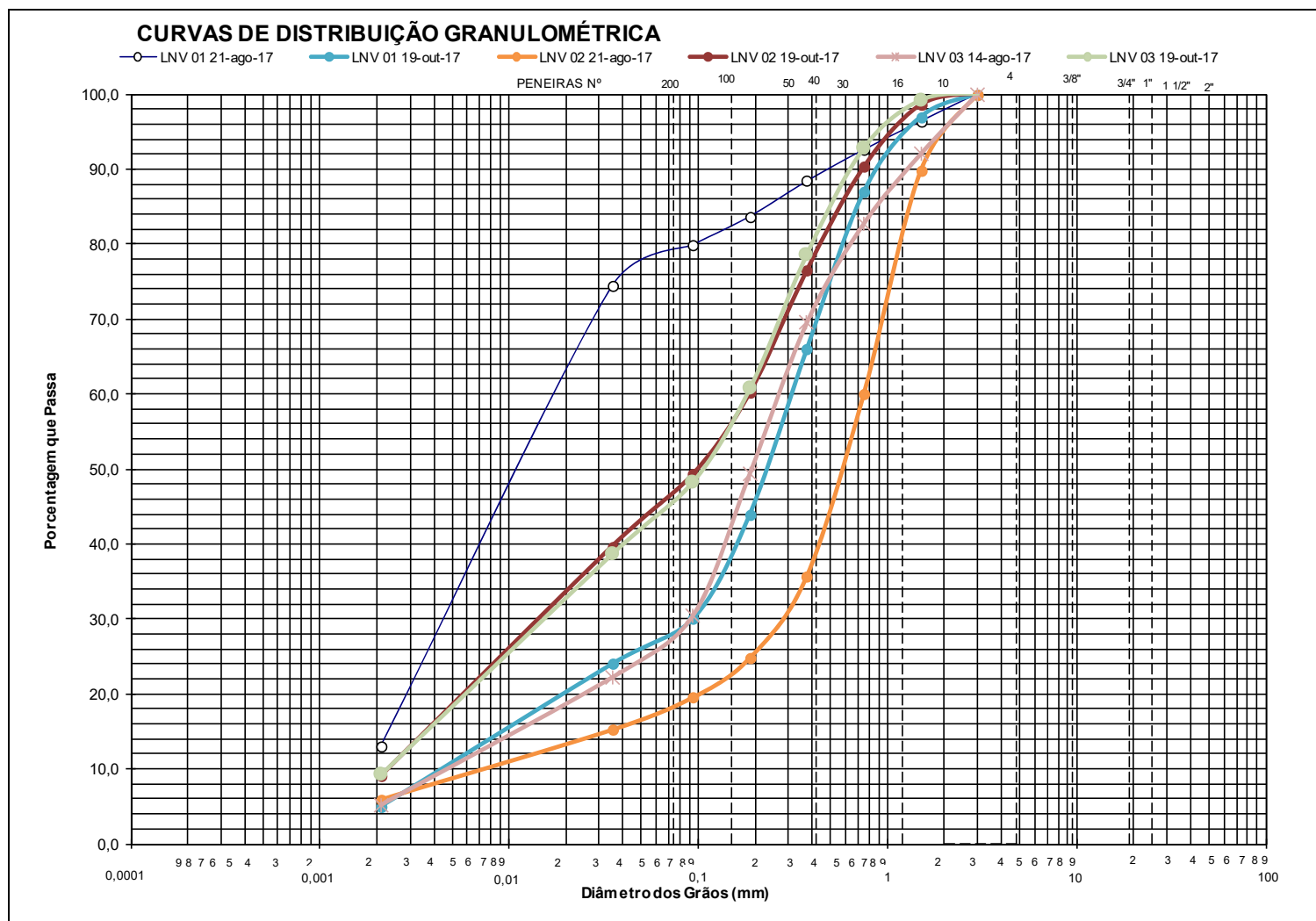


Gráfico 5.52: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Juparana

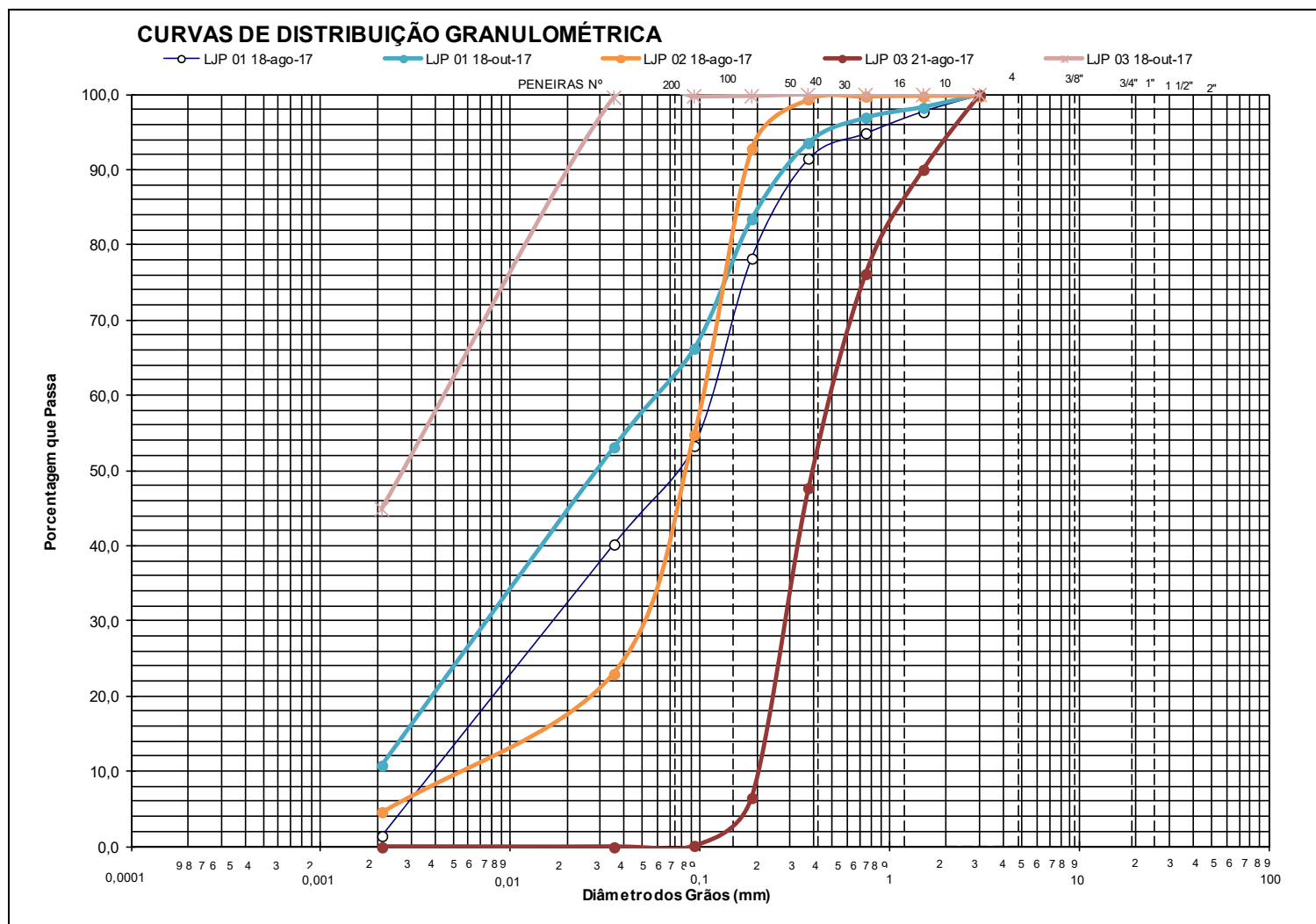


Gráfico 5.53: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Areão

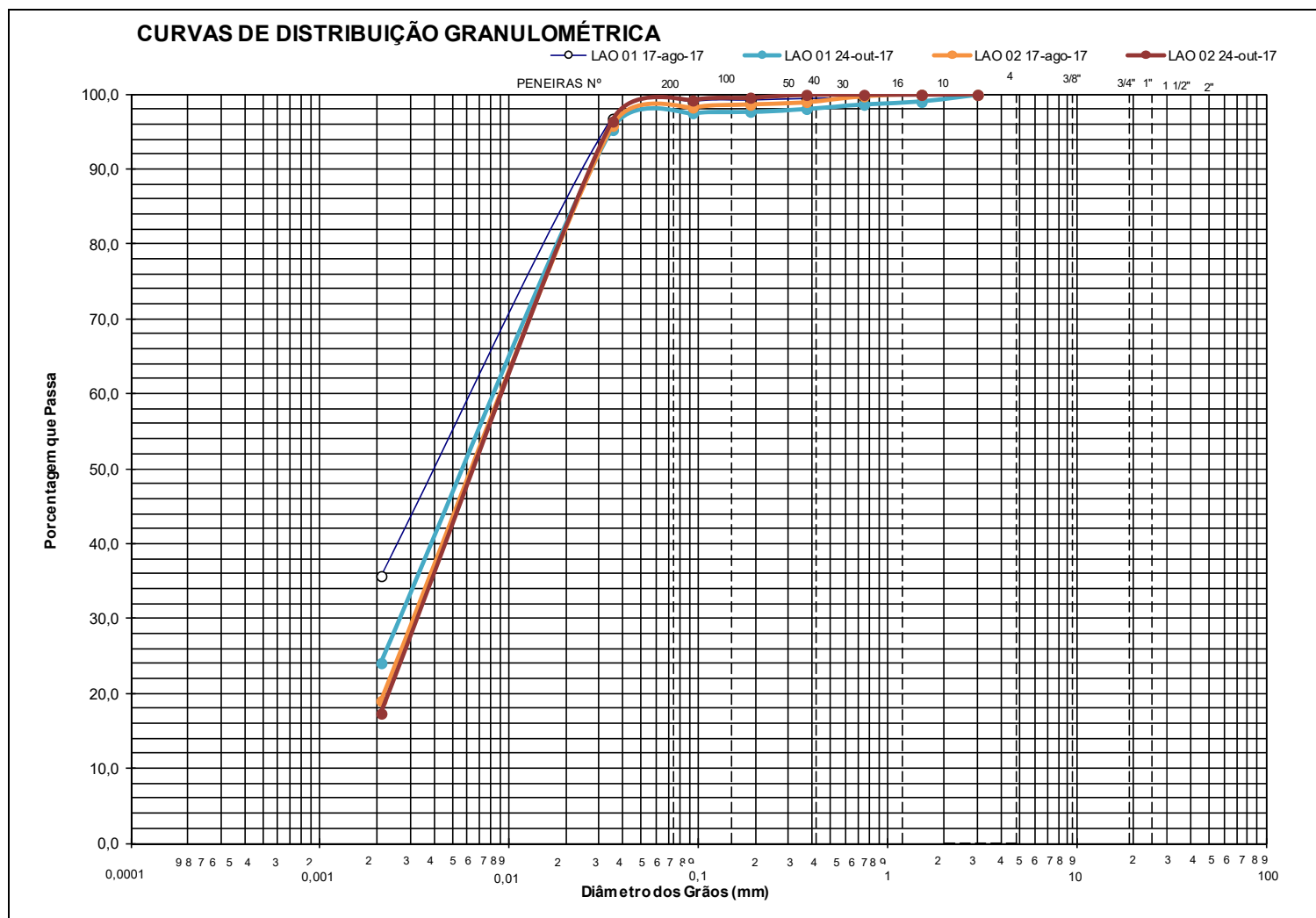


Gráfico 5.54: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Areal

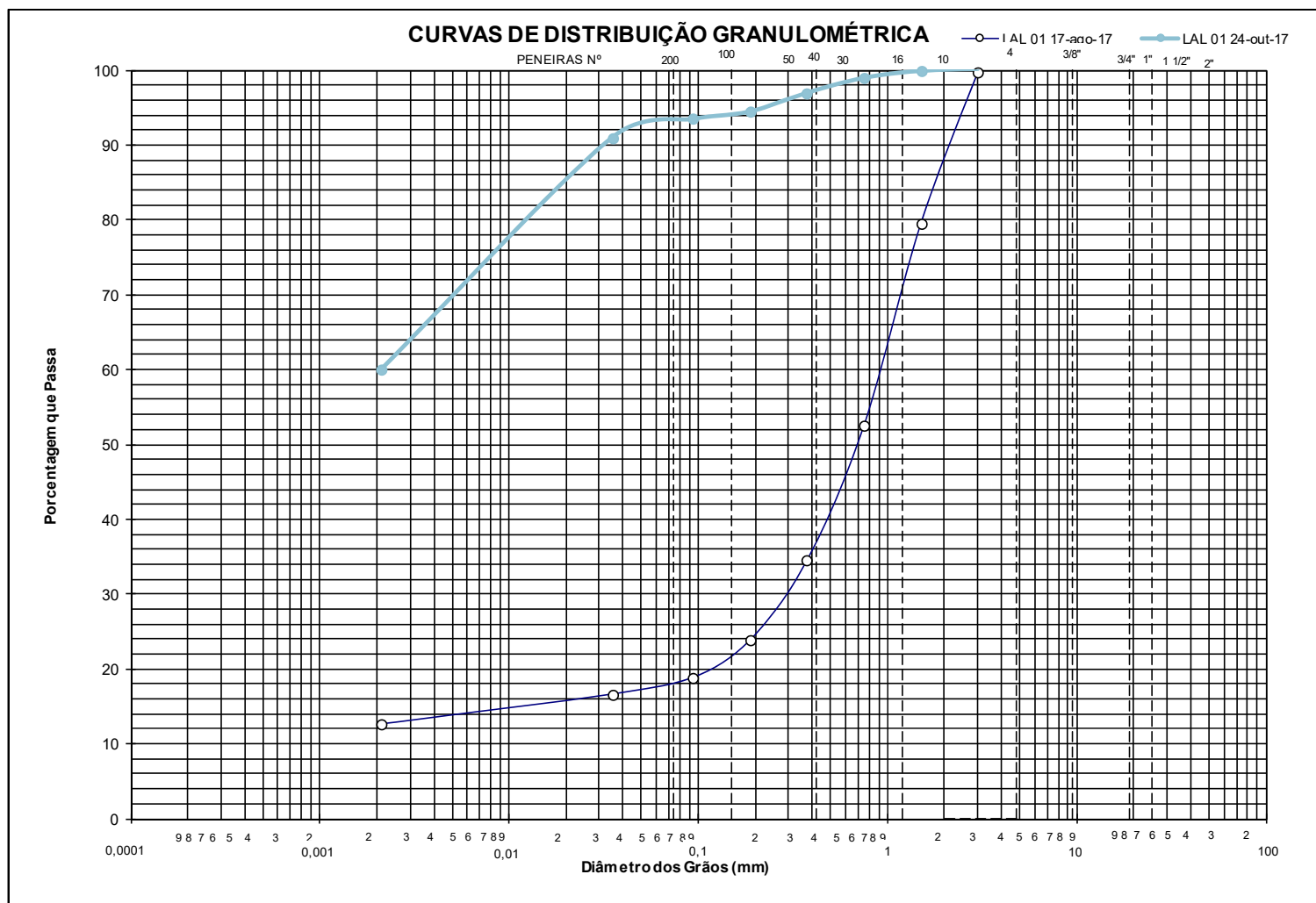
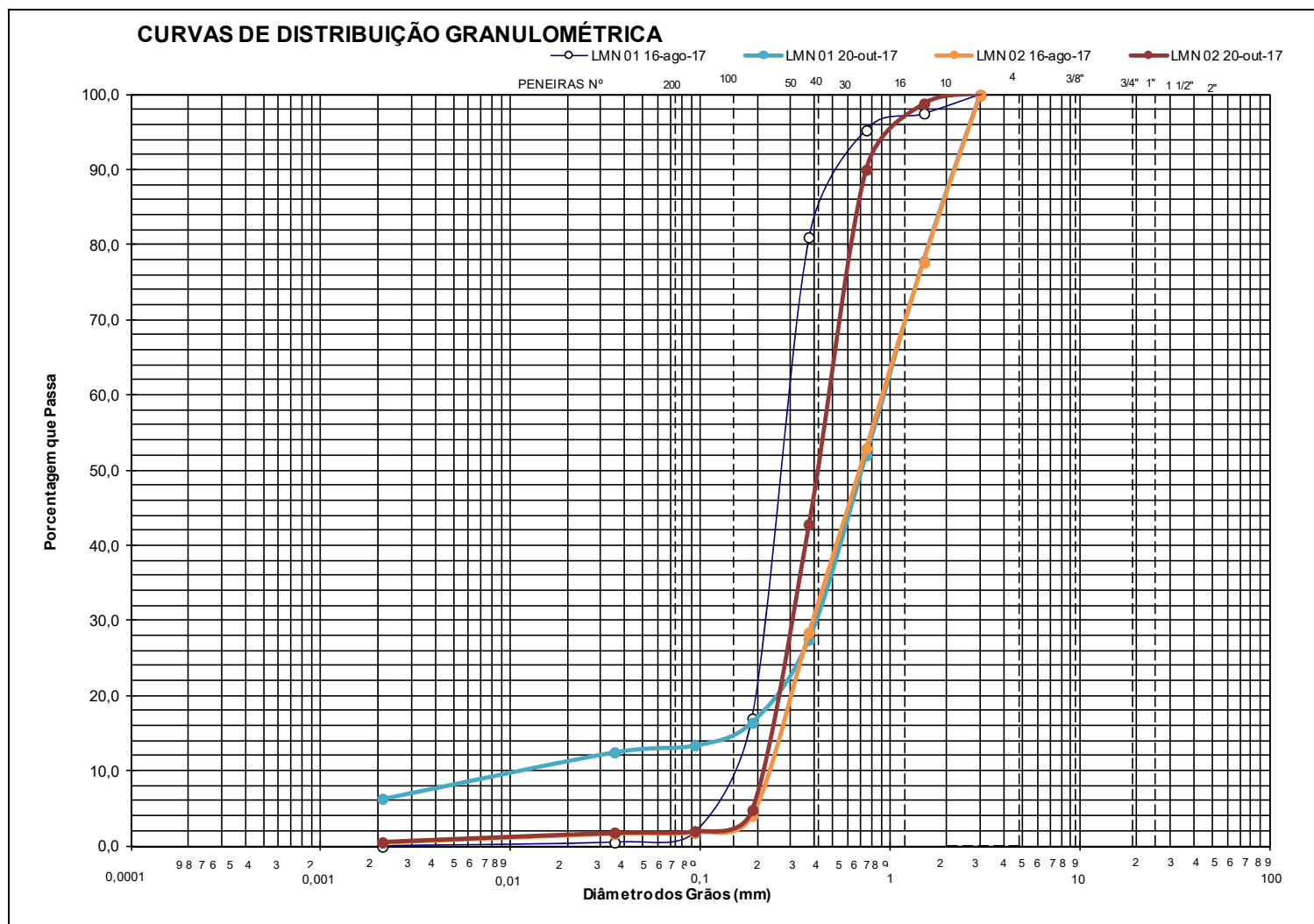


Gráfico 5.55: Curva de distribuição granulométrica do lagoa Monsarás



O rio Guandu é afluente do rio Doce e apresenta uma granulometria comum para leitos de rios, bem distribuída entre areia fina, média e grossa, com pequenas frações de silte e grânulos.

O rio Doce nesse trecho acaba de passar pela UHE Aimorés, onde parte do sedimento que vinha sendo transportado pelo rio fica retido, e por isso apresenta uma granulometria mais variada mas essencialmente arenosa.

A granulometria da lagoa do Limão não variou muito com o tempo, pois os pontos continuaram com granulometrias muito semelhantes, entretanto entre os pontos há uma diferença notória, o diâmetro médio dos grãos aumentam a medida que passam do ponto LLM 01 para o LLM 03.

Na lagoa Nova de agosto para outubro as granulometrias tenderam a uniformizar em todos os pontos, o sedimento é arenoso mas com porções quase equivalentes de silte, e um pouco de argila que provavelmente é proveniente do rejeito transportado pelo rio.

A lagoa Juparana mudou bastante o perfil do ponto LJP 01 que era essencialmente fino em agosto e em outubro já foi voltando ao padrão da granulometria da lagoa, essa alteração de finos provavelmente foi causada pelo transporte do rejeito pelo rio até a região.

A lagoa do Areão apresentou um sedimento bastante fino em relação as outras lagoas, e como em todos os pontos o sedimento tem praticamente a mesma variação granulométrica, não se pode afirmar se o sedimento é característico do lago ou se foi alterado pelo material particulado fino de rejeito transportado.

A lagoa do Areal apresentou dois perfis granulométricos bastante distintos, e como se trata do mesmo ponto, em agosto havia maior porcentagem de material fino e em outubro o material já apresentou características mais arenosas, dessa forma essa alteração pode ter sido causada pelo rejeito fino que pode ter chegado na lagoa através do rio.

A lagoa Monsarás apresentou um padrão de granulometria de sedimento bem definido, mais arenoso, o que nesse ponto não deve ter sido influência do rejeito, que apesar de arenoso, provavelmente teve essa fração dele sedimentada antes dessa lagoa.

5.7 Material Particulado em Suspensão (MPS)

O material particulado em suspensão, operacionalmente é definido como todo material retido na membrana de nylon de 0,45 μ m (Stumm e Morgan, 1996).

Quanto maior os níveis de turbidez da amostra, maior será a massa ou volume de material particulado em suspensão. Mesmo assim, para obter uma massa suficiente para se realizar uma caracterização química em uma drenagem com turbidez elevada (acima de 100 UNT) é necessário filtrar centenas de litros de água.

Os ensaios realizados para o MPS tanto de caráter químico como de caráter físico foram de acordo com o documento Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistemático de Água e Sedimentos (PMQQS).

O MPS foi amostrado em rios nos pontos conforme definido no PMQQS: RGN 08, RDO 01, RDO 03, RDO 06, RDO 07, RDO 09, RDO 12 e RDO 15, ou seja por todo o trajeto do rio Doce até quase em sua foz.

Os resultados das análises químicas estão apresentados na Tabela 5.107.

5.7.1 Análise Química do material particulado em suspensão (MPS)

Foram realizadas as análises de metais no material particulado em suspensão. Os metais analisados foram: alumínio, antimônio, arsênio, bário. O método de abertura das amostras foi o método do EPA, 3050B 1994.

Os resultados das análises químicas estão apresentados Tabela 5.107.

Tabela 5.107 – Resultados das análises químicas realizadas no MPS de cada ponto de coleta

Parâmetros	Unidades	RGN 08	RDO 01	RDO 03	RDO 06	RDO 07	RDO 09	RDO 12	RDO 15
Alumínio	mg/kg	1052	1285	2096	859	1756	1199	1655	2709
Antimônio	mg/kg	< 0,19	< 0,24	< 0,24	< 0,37	< 0,24	< 0,25	< 0,25	< 0,38
Arsênio	mg/kg	2,6	< 1,4	1,7	< 2,2	< 1,4	< 1,5	< 1,5	< 2,3
Bário	mg/kg	38	804	943	18	28	21	985	58
Boro	mg/kg	< 7,6	1157	1390	< 15	< 9,6	< 10,0	1344	< 15
Cádmio	mg/kg	< 0,19	< 0,24	< 0,24	< 0,37	< 0,24	< 0,25	< 0,25	< 0,38
Chumbo	mg/kg	2,2	1,1	4,5	2,4	2,2	2,1	0,86	3,9
Cobre	mg/kg	3,7	< 1,4	4,5	4,1	6,5	4,6	1,6	6,1
Cromo	mg/kg	8,1	4,3	10	8,8	9,8	6,8	4,6	10
Ferro	mg/kg	19566	4119	5153	6796	5483	4875	1990	7864
Fosforo total	mg/kg	119	5,6	25	157	97	109	< 2,5	158
Manganês	mg/kg	724	161	163	271	348	272	57	680
Mercurio	mg/kg	*	< 0,25	< 0,29	*	*	*	*	*
Níquel	mg/kg	2,9	1,1	2,5	2,1	2,7	2,1	0,92	3,4
Selênio	mg/kg	< 1,5	< 1,9	< 1,9	< 2,9	< 1,9	< 2,0	< 2,0	< 3,0
Vanádio	mg/kg	5,2	3,5	9,4	5,4	7,1	6,4	3,5	11
Zinco	mg/kg	11	607	943	21	18	12	726	21

*Não foi possível realizar esta análise tendo em vista a pouca massa de MPS acumulada nos filtros.

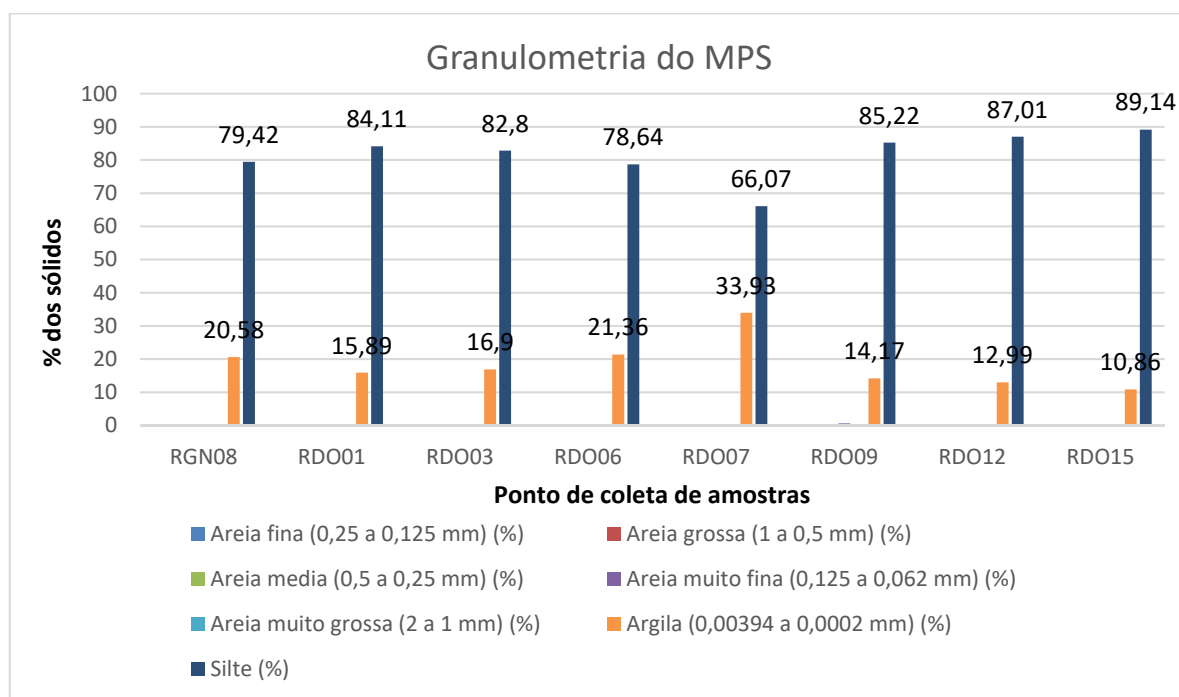
A caracterização química acima sugere que o material particulado em suspensão tem uma composição maior de ferro, seguido por alumínio, manganês e por vezes com um pouco de boro. Os demais metais ocorrem em composição muito baixa em relação a esses primeiros citados. Tendo em vista a pouca massa de material particulado em suspensão acumulada nos filtros após a filtração em laboratório, das amostras de 20 litros coletadas, não foi possível realizar as análises de carbono orgânico total e nitrogênio.

A norma do CONAMA 454/2012 foi concebida para avaliação da qualidade de sedimentos em zona costeira e é extensamente utilizada no Brasil para avaliação da qualidade de sedimentos de rio. O material particulado em suspensão não se comporta como um sedimento de leito de rio, portanto os resultados da caracterização química não pode ser avaliado em relação a essa norma.

5.7.2 Granulometria do material particulado em suspensão (MPS)

As análises granulométricas foram realizadas após a filtração da água e secagem dos sedimentos, no mês de outubro. A granulometria encontrada, conforme esperado pode ser analisada no Gráfico 5.56.

Gráfico 5.56: Análise granulométrica dos sedimentos MPS ao longo do rio Doce



Observa-se através do gráfico que em todos os pontos analisados o material particulado em suspensão foi o argiloso e esse representou mais de 65% do material total, esse resultado já era esperado já que as partículas capazes de continuar em suspensão por mais tempo na água são as mais finas, no caso as de granulometria argilosa.

5.8 Descarga Sólida

Para a determinação da descarga sólida em suspensão, é utilizada a medição indireta pela amostragem da mistura água-sedimento. O amostrador utilizado (US DH-48), quando da determinação da descarga sólida em suspensão, é adequado às características da seção e do escoamento do curso d'água, conforme as especificações recomendadas pela CT-SHQA, constantes no Anexo C do PMQQS.

Para a amostragem da descarga sólida de sedimentos em suspensão, a integração vertical é considerada, tanto no método de Igual Incremento de Largura (IIL) quanto no método de Igual Incremento de Descarga (IID). O método de igual incremento de IID é utilizado nos casos em que temos um bom conhecimento da distribuição das vazões ao longo da seção transversal do curso de água e do histórico dessas vazões. O método de IIL é utilizado em cursos de água estreitos, que permitiram a travessia a vau (atravessa-se andando – baixas profundidades), e também nos cursos d'água com fundo de leito arenoso, onde a distribuição de vazões ao longo da seção transversal não é homogênea. O método utilizado foi definido, portanto, após a primeira campanha de amostragem, quando foram conhecidas as condições de cada curso d'água

Na literatura existem diversas equações e métodos para estimativa da descarga sólida transportada pelos rios. Porém, o emprego destes fica limitado à condição de origem. Um grupo de equações é limitado ao cálculo da descarga sobre o leito ou de arrasto (= arrasto + saltação + rolamento), outro grupo é adequado à descarga total do leito (= descarga sobre o leito + descarga do leito suspensa) e outro à descarga sólida total (NASCIMENTO e COIADO, 2001).

O valor da descarga sólida depende de muitas variáveis, mas a maioria dos métodos foram desenvolvidos com base em uma ou duas grandezas predominantes, tais como descarga de água, profundidade média do escoamento, velocidade média defluxo, declividade da linha d'água, tensão de cisalhamento, potência da corrente e diâmetro das partículas de sedimento (Brune, 2014).

Foram aplicados os métodos de estimativa de descarga sólida: Einstein Modificado por Colby e Hembree (1955); Colby Simplificado (1957).

De acordo com Paiva (2001), o Método de Einstein Modificado por Colby e Hembree (1955) calcula a descarga total de sedimentos, a partir de medidas da descarga de sedimentos em suspensão na seção do rio até uma pequena distância do fundo, da extrapolação da carga em suspensão medida até o fundo do rio e do conhecimento da granulometria do material em suspensão e do leito.

O Método de Einstein Modificado (1955) necessita de pelo menos uma faixa granulométrica coincidente de ambas as descargas de fundo e suspensão. O Método dos Z's de Lara requer pelo menos 3. Enfatiza-se que o Método Modificado de Einstein só processará os dados se existir, mesmo que mínima, uma coincidência de materiais tanto em suspensão quanto de fundo. Em outras palavras, é necessário que as duas curvas granulométricas possuam um trecho coincidente no qual partículas de mesmo diâmetro são encontradas nos dois tipos de descarga (MENDES, 2002).

O método simplificado desenvolvido por Colby, em 1957, baseou-se no método de Einstein Modificado e em várias medições de campo. Basicamente utiliza três 32 ábacos e dados de descarga líquida, velocidade média, profundidade média, largura da seção e concentração medida de sedimentos em suspensão. Os ábacos foram obtidos de um desenvolvimento semiempírico baseado em experiências sobre diversos processos de cálculos de descarga sólida, principalmente no Método de Einstein Modificado e medições em diversos rios dos EUA. Os gráficos de Colby originalmente apresentados no sistema de unidades inglesas foi apresentado por Carvalho (2008) no sistema métrico. Lopes (1993) destacou que é importante observar que o método Simplificado de Colby (1957) apresentou bons resultados para os dados analisados por ele, servindo para estimativas aproximadas numa seção qualquer quando não se disponha de outros dados. O método Simplificado de Colby é vantajoso no que concerne à simplicidade na aplicação e à necessidade de poucos dados. Segundo Costa (2012), o método é bastante aplicado em estudos desenvolvidos no Brasil, por só necessitarem de dados de medição de descarga líquida e de concentração de sedimentos em suspensão.

A descarga sólida foi determinada em 8 pontos de monitoramento: RGN 08, RDO 01, RDO 03, RDO 06, RDO 07, RDO 09, RDO 12 e RDO 15 e os resultados encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 5.108 - Valores da medição da Descarga sólida

Ponto	Método	Descarga Sólida em Suspensão (ton/dia)	Descarga Sólida de Fundo (ton/dia)	Descarga sólida Total (ton/dia)
RGN08	Modificado de Einstein (1955)	3,588	3,925	7,513
	Simplificado de Colby (1957)	2,357	3,663	6,02
RDO 01	Modificado de Einstein (1955)	5,967	9,518	15,485
	Simplificado de Colby (1957)	9,204	6,577	15,781
RDO 03	Modificado de Einstein (1955)	34,887	48,708	83,595
	Simplificado de Colby (1957)	48,418	34,630	83,048
RDO 06	Modificado de Einstein (1955)	28,389	0.00	28,389
	Simplificado de Colby (1957)	29,085	0.00	29,085
RDO 07	Modificado de Einstein (1955)	19,835	24,687	44,522
	Simplificado de Colby (1957)	22,766	21,084	43,850
RGN08	Modificado de Einstein (1955)	2,357	3,663	6,020
	Simplificado de Colby (1957)	3,588	3,925	7,513
RDO 09	Modificado de Einstein (1955)	13,257	8,838	22,095
	Simplificado de Colby (1957)	14,451	10,394	24,845
RDO 12	Modificado de Einstein (1955)	20,458	19,193	39,651
	Simplificado de Colby (1957)	21,009	18,405	39,414
RDO 15	Modificado de Einstein (1955)	25,200	45,577	70,777
	Simplificado de Colby (1957)	42,045	28,240	70,285

Com base nos dados apresentados na tabela observa-se maiores valores descarga sólida total (ton/dia) nos pontos RDO 03 e RDO 15. Já o ponto RGN 08, apresentou menores valores de descarga sólida para os dois métodos avaliados. No ponto RDO 06 toda a descarga sólida verificada apresenta-se na forma de descarga sólida em suspensão, uma vez que a descarga de fundo foi zero.

Os resultados obtidos para os métodos de Einstein (1955) e de Colby (1957) apresentaram resultados semelhantes de descarga sólida total (ton/dia), para todos os pontos de monitoramento, porém os dados descarga sólida em suspensão (ton/dia) e descarga sólida de fundo (ton/dia) os resultados foram mais discrepantes.

5.9 Qualidade de Sedimentos - Estuário e Zona Costeira

Há pontos de monitoramento de água e sedimentos em alguns estuários ao norte e ao sul da foz do rio Doce assim como em algumas áreas costeiras, também nas duas direções. As cidades que cediam os pontos são Aracruz, Linhares, Fundão e Serra ao sul e Linhares, São Mateus, Conceição da Barra, Mucuri, Nova Viçosa e Caravelas.

As análises químicas dos estuários e zona costeira englobaram alumínio, antimônio, argilominerais, arsênio bário, berílio, boro, cádmio, carbono orgânico total, chumbo, cobalto, cobre, cromo, espessura do rejeito depositado, estôncio, ferro, fósforo total, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, nitrogênio kjedahl total, pH, potencial redox, prata, selênio, , teor de carbonatos, teor de umidade, vanádio e zinco, além da análise granulométrica e de argilominerais.

No entanto devido as poucas variações de grande parte dos resultados, serão apresentados os mesmos resultados que foram mostrados dos rios com o adicional de espessura da camada de rejeito depositado que foi um item verificado apenas para os estuários e área costeira.

5.9.1 Análise Química dos Sedimentos da Região Costeira

Como os locais das amostragens são em áreas próximas ou no próprio litoral, os índices comparativos da legislação CONAMA 454/2012 foram os descritos como água salina/salobra níveis 1 e 2.

Os valores de referência basais não podem ser assumidos nos pontos dos estuários nem na zona costeira como comparativos, pois não há como certificar que algum dos pontos monitorados não foi diretamente impactado pelo rompimento da barragem.

5.9.2 Estuários

As análises químicas dos estuários foram separadas entre sul e norte, sendo a disposição dos resultados a partir da foz do rio Doce para ambas as orientações. As tabelas apresentando os resultados dos estuários ao sul e ao sul da descarga do rio Doce estão apresentados a seguir.

Tabela 5.109 - Dados de Monitoramento de sedimentos do estuário Rio Caravelas – Nova Viçosa/BA (ERC 01)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ERC 01		
				30/ago/17	21/set/17	24/out/17
				08:26	13:40	14:35
Alumínio	mg/kg	-	-	1054	11042	5075
Arsênio	mg/kg	19	70	45	16	10
Bário	mg/kg	-	-	< 7,3	14	7,3
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,37	< 0,48	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	0,48	0,88	1,9
Chumbo	mg/kg	46,7	218	2,1	7,5	5,3
Cobre	mg/kg	34	270	< 2,2	3	2,1
Cromo	mg/kg	81	370	12	29	18
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	2	1	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	642	746	209
Manganês	mg/kg	-	-	469	284	131
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,41	< 0,57	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	1,6	5,8	3,2
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	587,3	1142,4	984,1
pH	-	-	-	7	7	7,7
Zinco	mg/kg	150	410	9,8	21	15

Tabela 5.110 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Caravelas – Caravelas/BA (ERC 02)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ERC 02		
				30/ago/17	21/set/17	26/out/17
				08:50	12:59	18:25
Alumínio	mg/kg	-	-	1322	16155	1775
Arsênio	mg/kg	19	70	39	32	37
Bário	mg/kg	-	-	< 8,1	23	< 4,8
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,41	< 0,79	< 0,24
Carbono orgânico total	%	10	10	0,48	< 0,25	0,63
Chumbo	mg/kg	46,7	218	1,4	14	3,6
Cobre	mg/kg	34	270	< 2,4	4,8	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	7,2	50	9,3
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	0	1	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	530	544	879
Manganês	mg/kg	-	-	660	566	409
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,45	< 0,87	< 0,27
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	< 0,81	10	0,98
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	710,7	3708,2	284,9
pH	-	-	-	7	6,8	9
Zinco	mg/kg	150	410	5,4	37	6,8

Tabela 5.111 - Dados de Monitoramento do estuário Rio Mucuri- Mucuri/BA (ERU 01)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ERU 01		
				30/ago/17	21/set/17	26/out/17
				18:27	16:00	09:50
Alumínio	mg/kg	-	-	1363	7249	353
Arsênio	mg/kg	19	70	42	17	< 1,5
Bário	mg/kg	-	-	< 7,9	10	< 5,0
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,40	< 0,46	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	< 0,25	2,4	0,69
Chumbo	mg/kg	46,7	218	1,8	7,8	< 0,50
Cobre	mg/kg	34	270	< 2,4	< 2,7	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	7,6	25	< 1,5
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	3	0	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	549	206	40
Manganês	mg/kg	-	-	604	155	22
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,45	< 0,51	< 0,28
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	1,2	4,8	< 0,50
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	633,8	1087	460,1
pH	-	-	-	7	7,4	7,5
Zinco	mg/kg	150	410	5,7	19	3,3

Tabela 5.112 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Itaúnas- Conceição da Barra/ES (ECR 01 e 02 e EIT 01 e 02)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ECR 01			ECR 02			EIT 01			EIT 02		
				21/ag o/17	23/set/ 17	24/out/ 17	21/ago/ 17	23/set/ 17	24/out/ 17	21/ago/ 17	21/set/ 17	26/out/ 17	21/ago/ 17	21/set/ 17	26/out/1 7
				06:55	14:40	18:40	06:16	14:26	19:30	13:15	17:21	16:12	14:03	17:53	16:30
Alumínio	mg/kg	-	-	290	2344	3588	602	5886	2607	631	1249	548	19397	8945	876
Arsênio	mg/kg	19	70	< 1,8	56	6,8	4,7	8,6	5,9	3,7	37	< 1,4	45	13	2
Bário	mg/kg	-	-	< 5,9	< 9,6	5,7	< 6,4	8,3	< 4,9	< 6,2	< 6,1	< 4,8	31	12	< 5,0
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,30	< 0,48	< 0,25	< 0,32	< 0,40	< 0,25	< 0,31	< 0,30	< 0,24	< 0,54	< 0,49	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	< 0,25	2,5	2	3,7	3	1,5	0,56	1,8	0,33	2,3	3,7	0,49
Chumbo	mg/kg	46,7	218	< 0,59	4,5	3,2	0,89	5	2,5	0,95	2,8	< 0,48	16	7,5	< 0,50
Cobre	mg/kg	34	270	< 1,8	< 2,9	< 1,5	< 1,9	< 2,4	< 1,5	< 1,9	< 1,8	< 1,4	7,9	< 2,9	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	< 1,8	16	12	4,1	17	8,9	3,8	10	1,8	53	26	3,5
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	2	0	0	1	1	0	2	0	0	3	1	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	22	785	163	51	181	162	47	408	47	579	227	53
Manganês	mg/kg	-	-	27	425	98	55	140	78	48	278	43	759	201	43
Mercúrio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,36	< 0,56	< 0,27	< 0,35	< 0,46	< 0,29	< 0,36	< 0,35	< 0,27	< 0,64	< 0,52	< 0,28
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	< 0,59	2,4	2,1	1,4	3,5	1,6	1,3	1,4	0,64	14	5,4	< 0,50
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	233,7	491,8	1074,7	253,3	753	824,6	229,1	220,3	212	1544,2	1054,4	212,8
pH	-	-	-	6	8	8	5	7	8	6	8	9	6	7	8
Zinco	mg/kg	150	410	< 3,0	11	10	3,4	13	7,7	3,1	6,9	4,1	45	19	3,8

Tabela 5.113 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Barra Nova- São Mateus/ES (EBN 01 e 02)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	EBN 01			EBN 02		
				30/ago/17	22/set/17	26/out/17	30/ago/17	22/set/17	26/out/17
				09:20	09:00	14:40	09:54	08:25	13:50
Alumínio	mg/kg	-	-	326	1348	1549	327	1710	1858
Arsênio	mg/kg	19	70	< 1,7	35	1,7	< 1,7	36	2,5
Bário	mg/kg	-	-	< 5,7	< 6,4	< 4,9	< 5,5	< 6,5	< 4,9
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,29	< 0,32	< 0,25	< 0,28	< 0,33	< 0,24
Carbono orgânico total	%	10	10	< 0,25	1,1	0,5	0,58	1,9	1,1
Chumbo	mg/kg	46,7	218	< 0,57	3,1	0,61	< 0,55	2,9	1,2
Cobre	mg/kg	34	270	< 1,7	< 1,9	< 1,5	< 1,7	< 2,0	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	< 1,7	10	5,3	< 1,7	9,6	10
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-		0	0	1	2	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	22	402	67	25	406	71
Manganês	mg/kg	-	-	34	300	20	29	324	21
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,34	< 0,36	< 0,28	< 0,31	< 0,39	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	< 0,57	1,3	2	< 0,55	1,3	2,7
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	130,8	291,4	502,8	240,6	318,2	410,9
pH	-	-	-	6	7	6,9	7	7	4,7
Zinco	mg/kg	150	410	3,9	7	7,3	3,5	6,7	8,7

Tabela 5.114 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Ipiranga- Linhares/ES. (ERD 01, ERI 01 e ERI 02)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ERD 01			ERI 01			ERI 02		
				18/ago/17	23/set/17	26/out/17	18/ago/17	22/set/18	25/out/17	18/ago/17	22/set/17	25/out/17
				09:57	10:50	10:11	16:32	06:19	12:20	15:54	07:12	14:20
Alumínio	mg/kg	-	-	18408	1135	4388	2946	535	2476	1424	983	581
Arsênio	mg/kg	19	70	48	31	12	4,7	13	6,1	40	30	1,5
Bário	mg/kg	-	-	33	< 5,5	6,8	< 6,1	< 6,1	10	< 8,3	< 6,5	< 4,9
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,40	< 0,28	< 0,25	< 0,30	< 0,30	< 0,25	< 0,41	< 0,32	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	3	1,4	2,9	0,49	< 0,25	0,84	0,52	< 0,25	0,74
Chumbo	mg/kg	46,7	218	16	2,1	3,3	2,8	2,3	2,6	1,7	2,8	< 0,49
Cobre	mg/kg	34	270	7,8	< 1,7	2,7	< 1,8	< 1,8	2,8	< 2,5	< 1,9	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	53	8,5	14	9,6	7,7	12	7,4	8,7	4,1
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	1	1	1	10	1	0	3	1	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	550	338	189	109	118	92	543	562	43
Manganês	mg/kg	-	-	695	234	95	69	242	149	651	238	76
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,48	< 0,33	< 0,15	< 0,34	< 0,35	< 0,27	< 0,47	< 0,36	< 0,30
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	14	1,2	4,3	2,7	1,7	4,4	1	1,3	1,6
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	2447,3	183,4	1424	609,6	434,5	488	736,7	389,6	442
pH	-	-	-	7	7	6,6	7	7	7,9	6	7	8,1
Zinco	mg/kg	150	410	42	5,7	18	9,5	< 3,0	13	6,2	8,1	3,4

Tabela 5.115 - Dados de Monitoramento dos estuários Piraquê Açu- Aracruz/ES (EPA 01 e 02 e ERR 01 e 02)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAM A 454/2012 (Água Salina Nível 2)	EPA 01			EPA 02			ERR 01			ERR 02		
				10/ago/ 17	12/set/17	17/out/ 17	10/ago/ 17	12/set/ 17	17/out/ 17	10/ago/ 17	13/set/ 17	18/out/ 17	10/ago/ 17	13/set/ 17	18/out/ 17
				15:30	14:02	16:20	15:50	16:30	17:15	08:30	16:36	12:05	07:20	17:10	11:35
Alumínio	mg/kg	-	-	7539	857	4387	946	24868	6116	773	1373	3784	6071	1232	1162
Arsênio	mg/kg	19	70	< 1,8	11	37	3,9	40	34	2,3	< 1,8	61	11	< 1,8	25
Bário	mg/kg	-	-	< 6,1	< 6,0	6,7	< 5,9	30	8,6	< 5,8	12	8,2	24	12	< 5,0
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,31	< 0,30	< 0,25	< 0,29	< 1,0	< 0,25	< 0,29	< 0,30	< 0,37	< 0,34	< 0,30	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	1,1	< 0,25	1,4	0,77	6	2,2	< 0,25	< 0,25	0,36	0,88	< 0,25	1,2
Chumbo	mg/kg	46,7	218	3,2	2,2	4,6	1,7	17	4,4	1,3	2,2	6,9	7,3	0,99	2,6
Cobre	mg/kg	34	270	11	< 1,8	< 1,5	< 1,8	8,7	1,7	< 1,8	5,6	< 2,2	11	2	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	7,1	7	14	5,5	56	17	4,7	9,3	17	20	3,4	9,6
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	0	0	0	3	5	3	2	4	2	0	0	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	548	75	1272	538	56	181	883	452	274	357	274	357
Manganês	mg/kg	-	-	21	96	309	46	566	318	38	25	520	129	44	208
Mercúrio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,33	< 0,36	< 0,29	< 0,35	< 1,1	< 0,29	< 0,34	< 0,34	< 0,14	< 0,38	< 0,37	< 0,28
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	2,1	0,87	2,3	1,8	13	3	1,5	6,5	2,6	5,9	0,97	1,3
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	73,3	331,8	182,2	71,7	6805,7	558,7	96,7	422,1	426,2	1895,9	235,4	101
pH	-	-	-	7	7	8	8	6	7	8	7	6	7	6,9	8,4
Zinco	mg/kg	150	410	13	< 3,0	13	6,7	45	14	7,6	11	15	32	9,9	7,3

Tabela 5.116 - Dados de Monitoramento dos estuários Rio Reis Magos- Fundão/ES (ERM 01 e 02)

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ERM 01			ERM 02		
				09/ago/17	22/set/17	18/out/17	09/ago/17	23/set/17	26/out/17
				13:20	14:39	12:05	13:41	09:05	20:30
Alumínio	mg/kg	-	-	6177	1276	1287	1189	354	1480
Arsênio	mg/kg	19	70	12	35	26	< 1,9	< 1,8	39
Bário	mg/kg	-	-	27	< 6,0	< 4,9	< 6,3	< 6,0	< 4,9
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,35	< 0,30	< 0,24	< 0,31	< 0,30	< 0,24
Carbono orgânico total	%	10	10	0,31	1,8	< 0,25	1,2	0,98	0,9
Chumbo	mg/kg	46,7	218	7,4	2,9	2,6	1,8	< 0,60	3,3
Cobre	mg/kg	34	270	14	< 1,8	< 1,5	19	< 1,8	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	19	10	8,3	4,9	< 1,8	9
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	0	1	0	0	0	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	708	391	435	470	26	623
Manganês	mg/kg	-	-	117	273	212	82	31	394
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,38	< 0,36	< 0,28	< 0,38	< 0,35	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	6,5	1,3	0,98	1,2	< 0,60	0,95
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	2427,5	352,7	217,7	1053,4	211,5	273,2
pH	-	-	-	7	7	7	8	6	8
Zinco	mg/kg	150	410	31	6,9	7,5	24	3,4	7,3

Foz do rio Doce e Porção Norte

Os municípios mais distantes, no estuário do rio Caravelas localizados ao sul do estado da Bahia (Mucuri/BA, Nova Viçosa/BA e Caravelas/BA). De modo geral, os parâmetros analisados nos sedimentos estão abaixo do valor máximo permitido (CONAMA 454/2012 (Água Salobra/Salina Níveis 1 e 2), com exceção do arsênio em todos os estuários, em que as concentrações estão acima do VMP da referida legislação para nível 1.

Porção Sul da Foz do rio Doce

Para o município de Aracruz/ES, ao sul da foz do rio Doce, tem-se quatro pontos de monitoramento e em duas profundidades: o Estuário Rio Riacho (ERR 01 e ERR 02) e estuário do rio Piraquê-Açu (EPA 01 e EPA 02). De acordo com a tabela 5.115 o parâmetro arsênio total apresentou valores acima do valor máximo permitido (CONAMA 454/2012 (Água Salobra Nível 1) em pelo menos uma campanha de monitoramento realizada e nesses 4 pontos. Nos estuários localizados nos municípios de Linhares e Fundão, essas ocorrências de arsênio também foram identificadas. No estuário Piraquê Açu localizado em Aracruz, verificou-se uma ocorrência de concentração de Nitrogênio kjedahl acima do nível de alerta na norma.

5.9.3 Zona Costeira

Os pontos de amostragem na região da zona costeira, conforme definidos no PMQQS, contemplam ao Norte da Foz do Rio Doce, os municípios de Linhares/ES, São Mateus/ES, Mucuri/BA, Nova Viçosa/BA e Caravelas/BA. Ao Sul da Foz contemplam os municípios de Linhares/ES, Aracruz-ES e Serra/ES.

As tabelas a seguir apresentam os resultados das análises químicas da campanha de amostragem dos meses de agosto, setembro e outubro de 2017 agrupados por municípios, apresentando os resultados em duas profundidades conforme definido no PMQQS (Tabela 5.117 a 5.87).

Os valores foram comparados com a Resolução CONAMA 454/12 – Águas Salinas- Níveis 1 e 2.

5.9.3.1 .Zona Costeira Sul

Tabela 5.117- Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Aracruz/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce

Parâmetros	Unidade	CONAM A 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAM A 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCS 01			ZCS 02			ZCS 03			ZCS 04		
				09/ago/ 17	13/set/ 17	17/out/ 17	10/ago/ 17	13/set/ 17	17/out/ 17	10/ago/ 17	13/set/ 17	17/out/ 17	11/ago/ 17	15/set/ 17	19/out/ 17
				08:01	11:39	14:20	11:39	14:22	15:20	06:45	13:52	13:17	07:16	17:24	16:10
Alumínio	mg/kg	-	-	731,00	908,00	1.389	689,00	1.191	5.447,	755,00	2.159,	2.280,	605,00	21.621	713,00
Arsênio	mg/kg	19	70	6,90	25,00	84,00	5,30	27,00	51,00	3,90	46,00	49,00	5,50	42,00	9,90
Bário	mg/kg	-	-	< 6,1	< 6,0	< 4,9	< 6,3	< 7,5	8,70	< 6,2	< 6,5	< 4,9	< 6,2	55,00	< 5,0
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,30	< 0,30	< 0,25	< 0,32	< 0,38	< 0,25	< 0,31	< 0,33	< 0,24	< 0,31	< 0,49	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	0,76	< 0,25	0,34	1,30	< 0,25	0,95	2,10	0,72	0,79	0,28	2,00	0,33
Chumbo	mg/kg	46,7	218	1,70	4,80	8,40	1,50	4,90	7,20	0,92	4,20	4,50	1,20	17,00	1,60
Cobre	mg/kg	34	270	< 1,8	< 1,8	< 1,5	< 1,9	< 2,3	1,90	< 1,9	< 2,0	< 1,5	< 1,9	12,00	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	7,10	7,90	15,00	6,10	9,10	18,00	6,00	12,00	12,00	4,70	59,00	6,00
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	0,00	0,00	0,00	4,00	0	2,00	0,00	0,00	1,00	2,00	0,00	0,00
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	48,00	322,00	603,00	52,00	443,00	821,00	76,00	382,00	562,00	54,00	503,00	74,00
Manganês	mg/kg	-	-	58,00	249,00	685,00	54,00	323,00	599,00	54,00	223,00	340,00	58,00	901,00	152,00
Mercúrio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,34	< 0,35	< 0,27	< 0,37	< 0,44	< 0,29	< 0,37	< 0,36	< 0,27	< 0,38	< 0,56	< 0,27
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	1,80	1,80	3,40	1,70	2,20	4,00	1,50	3,00	2,30	1,70	18,00	1,90
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	158,00	< 11,7	169,80	84,70	292,00	346,90	56,30	< 12,9	257,10	131,70	1.356,4 0	255,50
pH	-	-	-	7,20	6,50	7,80	7,30	6,40	7,30	7,50	7,30	8,40	7,20	6,90	7,20
Zinco	mg/kg	150	410	3,80	3,00	7,00	3,70	4,20	11,00	3,70	8,20	7,80	3,80	57,00	4,80

Tabela 5.118 – Dados de monitoramento da zona costeira localizados em Linhares/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCS 05			ZCS 06		
				17/ago/17	15/set/17	19/out/17	17/ago/17	15/set/17	19/out/17
				11:43	16:25	14:32	10:40	15:40	13:10
Alumínio	mg/kg	-	-	23.204,00	25.289,00	15.702,00	11.681,00	25.467,00	14.079,00
Arsênio	mg/kg	19	70	44,00	38,00	18,00	22,00	41,00	21,00
Bário	mg/kg	-	-	40,00	55,00	18,00	38,00	55,00	24,00
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,60	< 0,48	< 0,25	< 0,28	< 0,51	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	2,20	1,20	3,80	1,40	3,80	1,90
Chumbo	mg/kg	46,7	218	19,00	17,00	6,90	8,90	19,00	8,60
Cobre	mg/kg	34	270	12,00	15,00	5,90	6,90	15,00	7,80
Cromo	mg/kg	81	370	65,00	61,00	30,00	37,00	64,00	34,00
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	8,0	0,00	0,00	6,0	1,00	0,00
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	676,00	590,00	288,00	254,00	601,00	270,00
Manganês	mg/kg	-	-	899,00	761,00	288,00	419,00	903,00	408,00
Merúrio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,70	< 0,58	< 0,29	< 0,40	< 0,57	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	17,00	18,00	6,70	13,00	18,00	8,80
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	5.993,00	1.113,20	632,30	772,30	1.002,90	426,20
pH	-	-	-	7,40	6,70	7,40	7,00	7,20	7,00
Zinco	mg/kg	150	410	52,00	57,00	23,00	36,00	59,00	28,00

Tabela 5.119 Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Serra/ES- Porção Sul da Foz do rio Doce

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCS 07			ZCS 08		
				09/ago/17	13/set/17	18/out/17	09/ago/17	13/set/17	18/out/17
				10:00	09:47	09:40	12:04	09:05	8:42
Alumínio	mg/kg	-	-	646	1301	704	727	928	1511
Arsênio	mg/kg	19	70	4,4	33	35	4,4	35	28
Bário	mg/kg	-	-	< 6,4	< 7,0	< 4,9	< 6,0	< 6,2	6
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,32	< 0,35	< 0,25	< 0,30	< 0,31	< 0,24
Carbono orgânico total	%	10	10	0,93	< 0,25	1,3	0,67	< 0,25	0,74
Chumbo	mg/kg	46,7	218	1,4	4,3	3,2	1,1	2,7	3,6
Cobre	mg/kg	34	270	< 1,9	< 2,1	< 1,5	< 1,8	< 1,9	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	5,1	10	11	4,3	8,2	8,7
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	4,5	2	1	4,2	1	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	41	477	370	43	261	405
Manganês	mg/kg	-	-	51	337	246	53	208	214
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,35	< 0,44	< 0,14	< 0,35	< 0,35	< 0,27
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	1,5	2,2	1,9	1,4	2	1,4
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	100,5	< 13,2	754,2	72,1	< 11,6	256,1
pH	-	-	-	7,6	7	7,7	7,1	7	7,7
Zinco	mg/kg	150	410	3,7	4,3	3,9	3,4	3,4	6,1

Ao sul da foz do rio Doce houve monitoramento na zona costeira de oito pontos em três cidades diferentes, Linhares, Aracruz e Serra.

De modo geral, assim como ocorre nos estuários, os parâmetros analisados nos sedimentos na zona costeira estão abaixo do valor máximo permitido (CONAMA 454/2012 (Água Salobra/Salina Níveis 1 e 2), com exceção do arsênio em todos os estuários, em que as concentrações estão acima do VMP da referida legislação para nível 1.

5.9.3.2 Região Costeira Norte

Linhares além de conter pontos de monitoramento costeiro ao sul da foz do rio Doce também tem locais ao norte. Além de Linhares as cidades de São Mateus, Mucuri, Nova Viçosa e Caravelas também estão dentro da faixa de monitoramento costeiro.

As Tabelas a seguir apresentam esses resultados das análises químicas no sedimento dos pontos ao norte da foz do rio Doce.

Tabela 5.120 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Linhares/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCN 01			ZCN 02			ZCN 03		
				17/ago/17	15/set/17	19/out/17	17/ago/17	15/set/17	22/out/17	21/ago/17	15/set/17	22/out/17
				09:31	14:06	12:10	07:19	12:32	14:30:00	16:00	11:26	18:14
Alumínio	mg/kg	-	-	24.390	16.887	14.339	12.248	15.669	7.760	8.385	24.586	12.003
Arsênio	mg/kg	19	70	55,00	44,00	23,00	45,00	39,00	27,00	8,20	49,00	25,00
Bário	mg/kg	-	-	56,00	49,00	26,00	36,00	38,00	14,00	38,00	52,00	28,00
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,49	< 0,53	< 0,24	< 0,39	< 0,45	< 0,25	< 0,34	< 0,53	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	1,80	1,00	1,10	2,60	1,60	1,70	< 0,25	2,30	1,50
Chumbo	mg/kg	46,7	218	19,00	15,00	9,40	12,00	13,00	5,90	7,60	18,00	7,80
Cobre	mg/kg	34	270	14,00	9,70	8,50	6,50	7,90	4,10	6,70	12,00	7,10
Cromo	mg/kg	81	370	76,00	53,00	36,00	46,00	44,00	22,00	26,00	62,00	34,00
Espessura de rejeito depositado	Mm	-	-	5,00	0,00	0,00	3,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	605,00	496,00	427,00	412,00	409,00	244,00	217,00	556,00	239,00
Manganês	mg/kg	-	-	989,00	838,00	455,00	686,00	691,00	384,00	222,00	826,00	459,00
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,51	< 0,62	< 0,14	< 0,46	< 0,48	< 0,28	< 0,36	< 0,62	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	22,00	16,00	9,10	13,00	12,00	5,60	9,10	20,00	9,40
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	9.142,00	1.079,40	489,70	679,10	721,80	426,80	573,70	1.224,90	315,00
pH	-	-	-	7,00	7,30	7,70	5,70	7,30	8,20	6,00	7,10	7,80
Zinco	mg/kg	150	410	66,00	51,00	32,00	38,00	37,00	18,00	28,00	59,00	31,00

Tabela 5.121 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCN 04			ZCN 05			ZCN 06		
				21/ago/17	20/set/17	23/out/17	21/08/201	20/set/17	23/out/17	21/ago/17	20/set/17	23/out/17
				14:23	08:20	07:40	10:10	09:24	10:30	12:43	12:46	13:45
Alumínio	mg/kg	-	-	23.361	26.843	13.805	594	20.763	10.453	31.262	16.844	10.135
Arsênio	mg/kg	19	70	46,00	40,00	30,00	2,20	49,00	35,00	49,00	46,00	20,00
Bário	mg/kg	-	-	44,00	37,00	25,00	< 6,2	40,00	17,00	48,00	37,00	14,00
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,57	< 0,65	< 0,24	< 0,31	< 0,57	< 0,25	< 0,62	< 0,48	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	2,90	5,10	0,52	< 0,25	3,20	1,40	4,80	2,30	2,70
Chumbo	mg/kg	46,7	218	16,00	17,00	8,20	0,67	18,00	6,70	18,00	15,00	6,70
Cobre	mg/kg	34	270	9,30	8,40	6,80	< 1,9	9,70	4,80	12,00	8,10	3,90
Cromo	mg/kg	81	370	57,00	57,00	34,00	2,90	59,00	26,00	67,00	51,00	24,00
Espessura de rejeito depositado	Mm	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	512,00	583,00	306,00	39,00	576,00	337,00	574,00	432,00	256,00
Manganês	mg/kg	-	-	787,00	719,00	496,00	41,00	861,00	414,00	829,00	876,00	316,00
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,67	< 0,75	< 0,29	< 0,36	< 0,73	< 0,29	< 0,75	< 0,53	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	15,00	15,00	8,60	1,30	16,00	6,90	18,00	13,00	5,60
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	754,00	968,10	306,20	151,00	2.091,3	323,60	2.377,0	1.532,1	422,60
pH	-	-	-	6,50	7,10	7,30	6,40	7,10	8,60	6,10	7,20	8,00
Zinco	mg/kg	150	410	47,00	46,00	29,00	< 3,1	50,00	22,00	53,00	44,00	21,00

Tabela 5.122 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em São Mateus/ES- Porção Norte da Foz do rio Doce

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCN 04			ZCN 05			ZCN 06		
				21/ago/17	20/set/17	23/out/17	21/08/201	20/set/17	23/out/17	21/ago/17	20/set/17	23/out/17
				14:23	08:20	07:40	10:10	09:24	10:30	12:43	12:46	13:45
Alumínio	mg/kg	-	-	23.361	26.843	13.805	594	20.763	10.453	31.262	16.844	10.135
Arsênio	mg/kg	19	70	46,0	40,0	30,0	2,20	49,0	35,0	49,0	46,0	20,0
Bário	mg/kg	-	-	44,00	37,00	25,00	< 6,2	40,00	17,00	48,00	37,00	14,00
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,57	< 0,65	< 0,24	< 0,31	< 0,57	< 0,25	< 0,62	< 0,48	< 0,25
Carbono orgânico total	%	10	10	2,90	5,10	0,52	< 0,25	3,20	1,40	4,80	2,30	2,70
Chumbo	mg/kg	46,7	218	16,00	17,00	8,20	0,67	18,00	6,70	18,00	15,00	6,70
Cobre	mg/kg	34	270	9,30	8,40	6,80	< 1,9	9,70	4,80	12,00	8,10	3,90
Cromo	mg/kg	81	370	57,00	57,00	34,00	2,90	59,00	26,00	67,00	51,00	24,00
Espessura de rejeito depositado	Mm	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	512,00	583,00	306,00	39,00	576,00	337,00	574,00	432,00	256,00
Manganês	mg/kg	-	-	787,00	719,00	496,00	41,00	861,00	414,00	829,00	876,00	316,00
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,67	< 0,75	< 0,29	< 0,36	< 0,73	< 0,29	< 0,75	< 0,53	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	15,00	15,00	8,60	1,30	16,00	6,90	18,00	13,00	5,60
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	754,00	968,10	306,20	151,00	2.091,3	323,60	2.377,00	1.532,1	422,60
pH	-	-	-	6,50	7,10	7,30	6,40	7,10	8,60	6,10	7,20	8,00
Zinco	mg/kg	150	410	47,00	46,00	29,00	< 3,1	50,00	22,00	53,00	44,00	21,00

Tabela 5.123 – - Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Mucuri/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCN 07			ZCN 08		
				30/ago/17	21/set/17	24/out/17	17/ago/17	21/set/17	24/out/17
				16:07	06:21	05:40	11:43	07:29	9:30
Alumínio	mg/kg	-	-	15.505	534	829	311	552	527
Arsênio	mg/kg	19	70	22,00	9,60	44,00	3,60	9,60	33,00
Bário	mg/kg	-	-	17,00	< 5,8	< 4,9	< 5,0	< 5,7	< 4,9
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,52	< 0,29	< 0,25	< 0,25	< 0,29	< 0,24
Carbono orgânico total	%	10	10	0,27	1,70	0,99	< 0,25	< 0,25	0,65
Chumbo	mg/kg	46,7	218	11,00	1,20	3,30	1,10	1,20	2,20
Cobre	mg/kg	34	270	3,30	< 1,7	22,00	< 1,5	< 1,7	< 1,5
Cromo	mg/kg	81	370	38,00	3,10	7,60	2,40	3,70	6,10
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	2,00	1,00	0,00	4,00	1,00	0,00
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	436,00	104,00	246,00	39,00	78,00	187,00
Manganês	mg/kg	-	-	328,00	74,00	177,00	32,00	79,00	130,00
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,61	< 0,32	< 0,30	< 0,29	< 0,32	< 0,28
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	7,80	0,95	11,00	< 0,50	1,10	1,30
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	1.302,70	163,30	195,80	122,60	103,10	253,90
pH	-	-	-	5,80	7,30	8,30	5,40	6,90	8,60
Zinco	mg/kg	150	410	28,00	< 2,9	159,00	< 2,5	< 2,9	3,70

Tabela 5.124 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Nova Viçosa/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCN 09		
				30/ago/17	21/set/17	24/out/17
				06:52	08:42	12:30
Alumínio	mg/kg	-	-	23263	21.410,00	6.872,00
Arsênio	mg/kg	19	70	33	26,00	12,00
Bário	mg/kg	-	-	25	23,00	8,90
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,76	< 0,73	< 0,24
Carbono orgânico total	%	10	10	< 0,25	1,40	0,42
Chumbo	mg/kg	46,7	218	16	15,00	5,50
Cobre	mg/kg	34	270	5,4	5,10	2,30
Cromo	mg/kg	81	370	58	48,00	19,00
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	4	0,00	0,00
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	683	504,00	254,00
Manganês	mg/kg	-	-	547	461,00	149,00
Mercúrio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,90	< 0,30	< 0,25
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	12	9,90	3,70
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	1960,3	3.281,00	1.366,30
pH	-	-	-	6,1	7,60	7,70
Zinco	mg/kg	150	410	42	37,00	16,00

Tabela 5.125 – Dados de monitoramento da Zona Costeira localizados em Caravelas/BA- Porção Norte da Foz do rio Doce.

Parâmetros	Unidade	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 1)	CONAMA 454/2012 (Água Salina Nível 2)	ZCN 10		
				17/ago/17	21/set/17	24/out/17
				11:43	08:00	13:45
Alumínio	mg/kg	-	-	645,00	15480	6483
Arsênio	mg/kg	19	70	9,20	29	11
Bário	mg/kg	-	-	< 6,1	22	8,6
Cádmio	mg/kg	1,2	7,2	< 0,31	< 0,76	< 0,24
Carbono orgânico total	%	10	10	< 0,25	< 0,25	2,3
Chumbo	mg/kg	46,7	218	0,93	13	5,2
Cobre	mg/kg	34	270	< 1,8	< 4,6	2,2
Cromo	mg/kg	81	370	3,10	47	18
Espessura de rejeito depositado	mm	-	-	0	0	0
Fósforo total	mg/kg	2000	2000	100,00	505	233
Manganês	mg/kg	-	-	52,00	530,00	154,00
Mercurio	mg/kg	0,3	1,0	< 0,32	< 0,85	< 0,29
Níquel	mg/kg	20,9	51,6	0,85	9,9	3,6
Nitrogênio kjedahl total	mg/kg	4800	4800	217,40	577,7	775,1
pH	-	-	-	6,80	6,8	7,8
Zinco	mg/kg	150	410	< 3,1	35	15

Ao norte da foz do rio Doce houve monitoramento na zona costeira de dez pontos nas seguintes cidades: Linhares/ES, São Matheus/ES, Mucuri/ES, Nova Viçosa/BA e Caravelas/BA.

De modo geral, assim como ocorre nos estuários, os parâmetros analisados nos sedimentos na zona costeira estão abaixo do valor máximo permitido (CONAMA 454/2012 (Água Salobra/Salina Níveis 1 e 2), com exceção do arsênio em todos os estuários, em que as concentrações estão acima do VMP da referida legislação para nível 1

5.9.4 Granulometria dos sedimentos da região costeira

Os Gráficos a seguir apresentam a distribuição granulométrica dos pontos de monitoramento estuarinos e costeiros, nas campanhas de amostragem realizadas nos meses de agosto/17 a outubro/17.

Gráfico 5.57: Curva de distribuição granulométrica do estuário do rio Riacho (ERR), Aracruz/ES

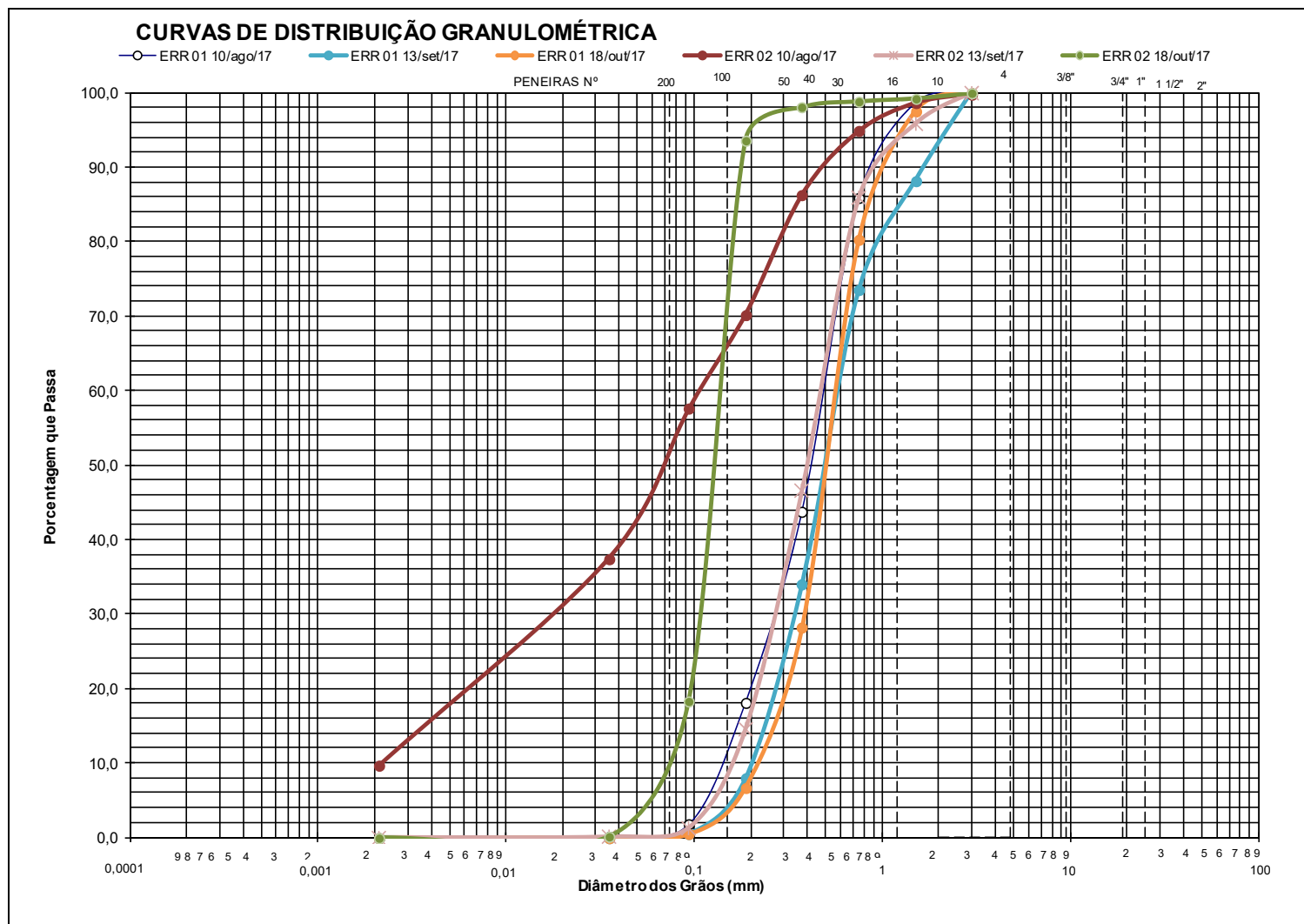
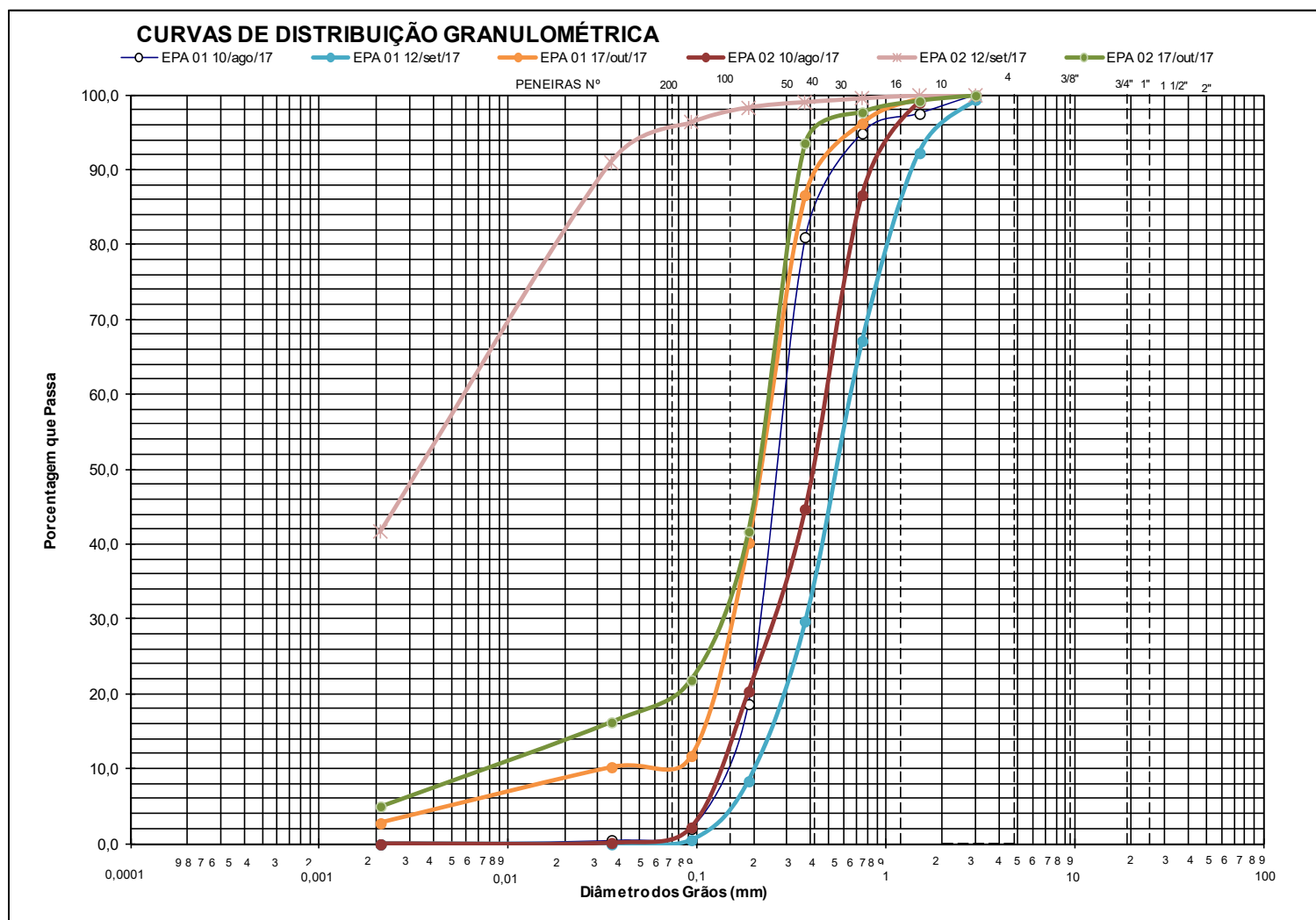


Gráfico 5.58: Curva de distribuição granulométrica do estuário Piraquê-Açu (EPA)- Aracruz/ES



.Gráfico 5.59: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Reis Magos (ERM), Fundação

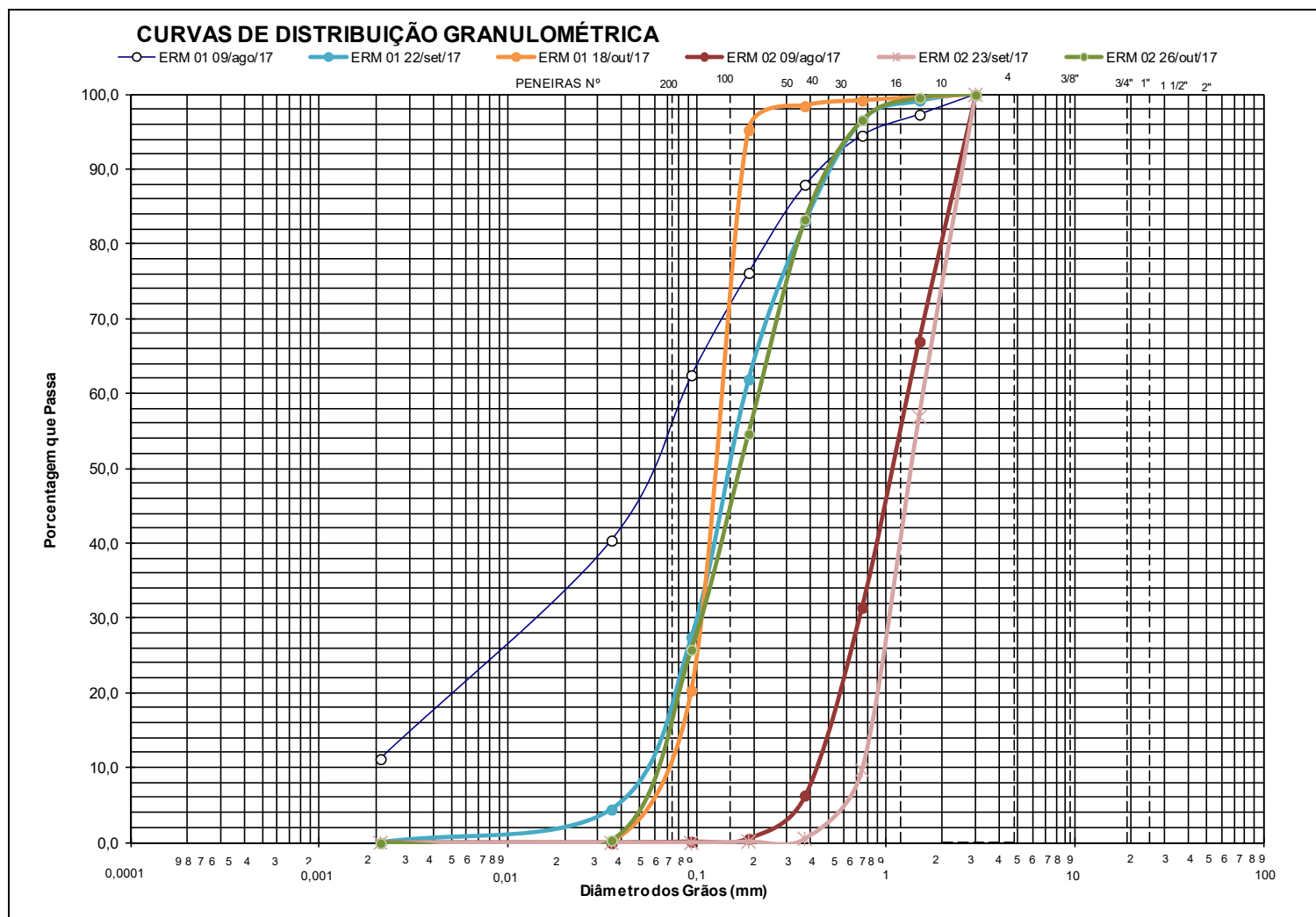


Gráfico 5.60: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Doce (ERD), Linhares

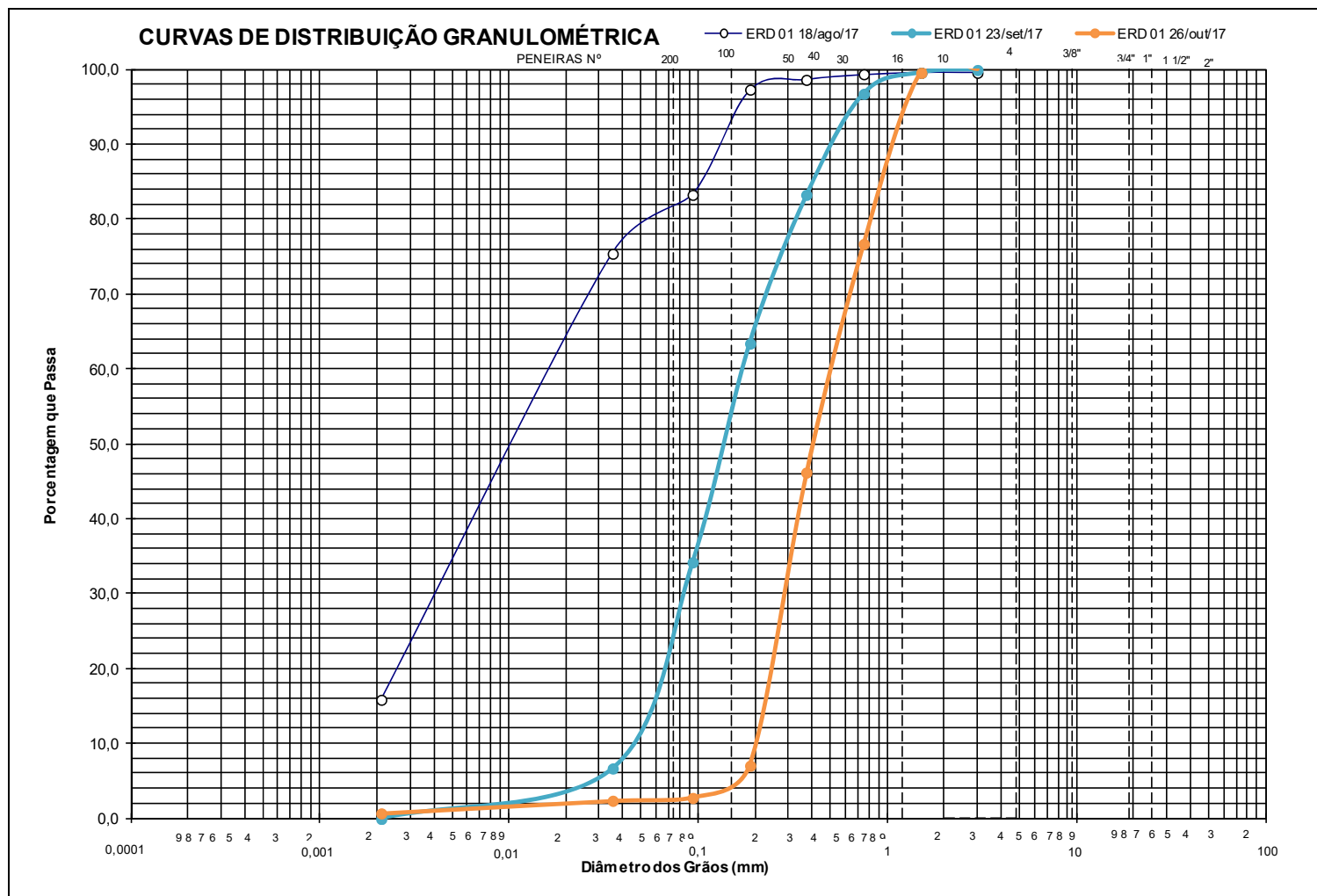


Gráfico 5.61: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Ipiranga (ERI), Linhares/ES

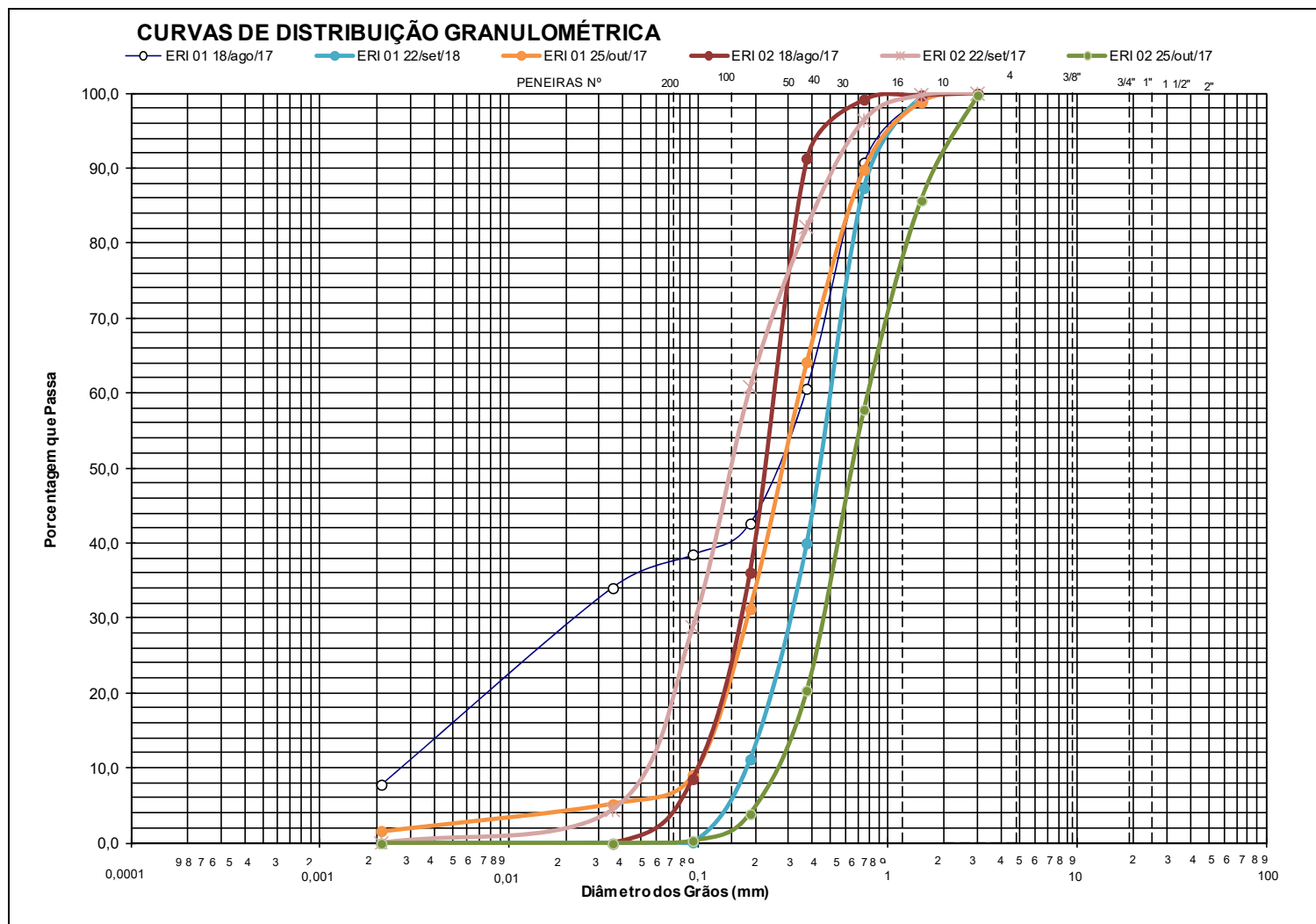


Gráfico 5.62: Curva de distribuição granulométrica do estuário Barra Nova (EBN), São Mateus/ES

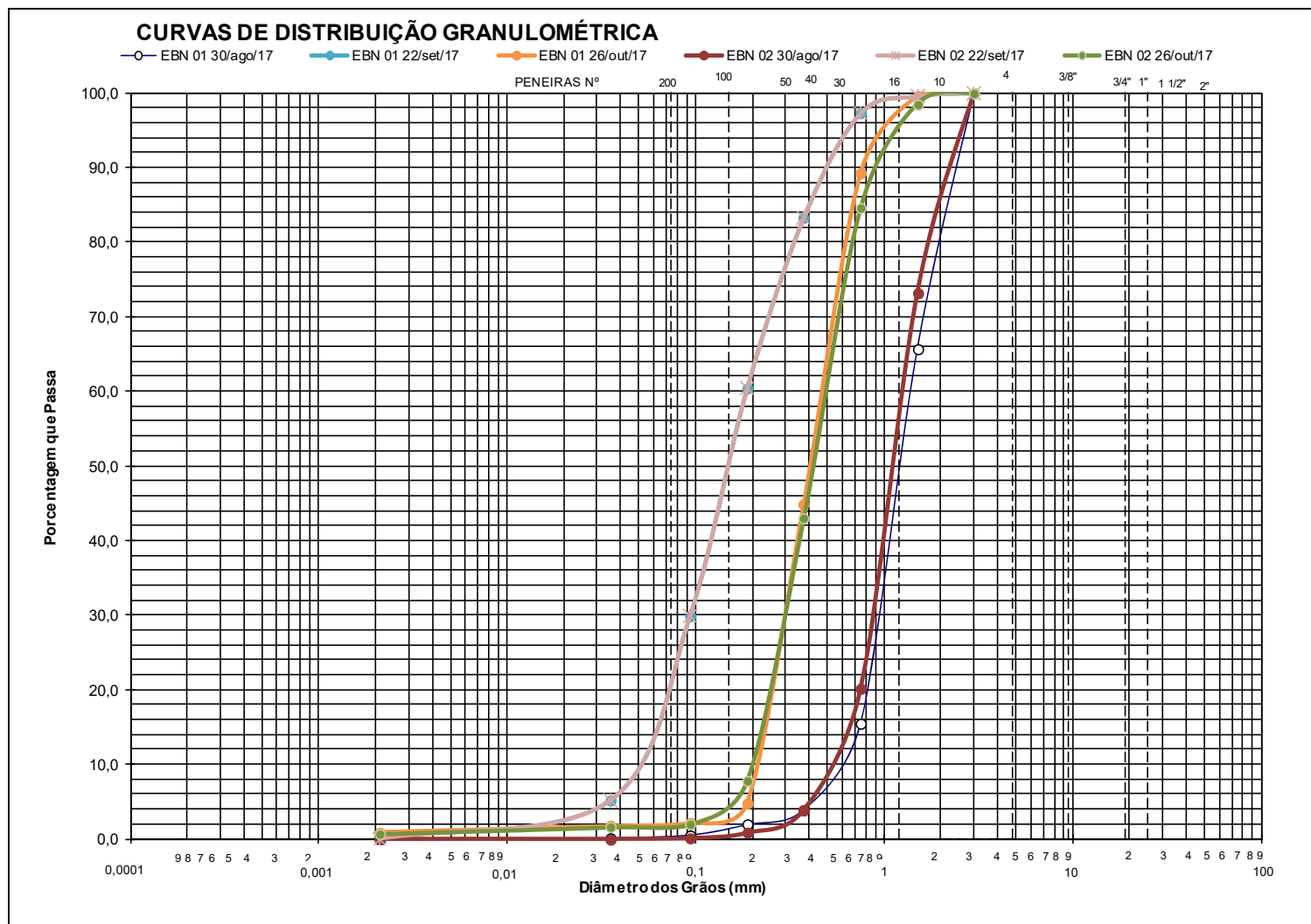


Gráfico 5.63: Curva de distribuição granulométrica do estuário Cricaré (ECR), Conceição da Barra/ES

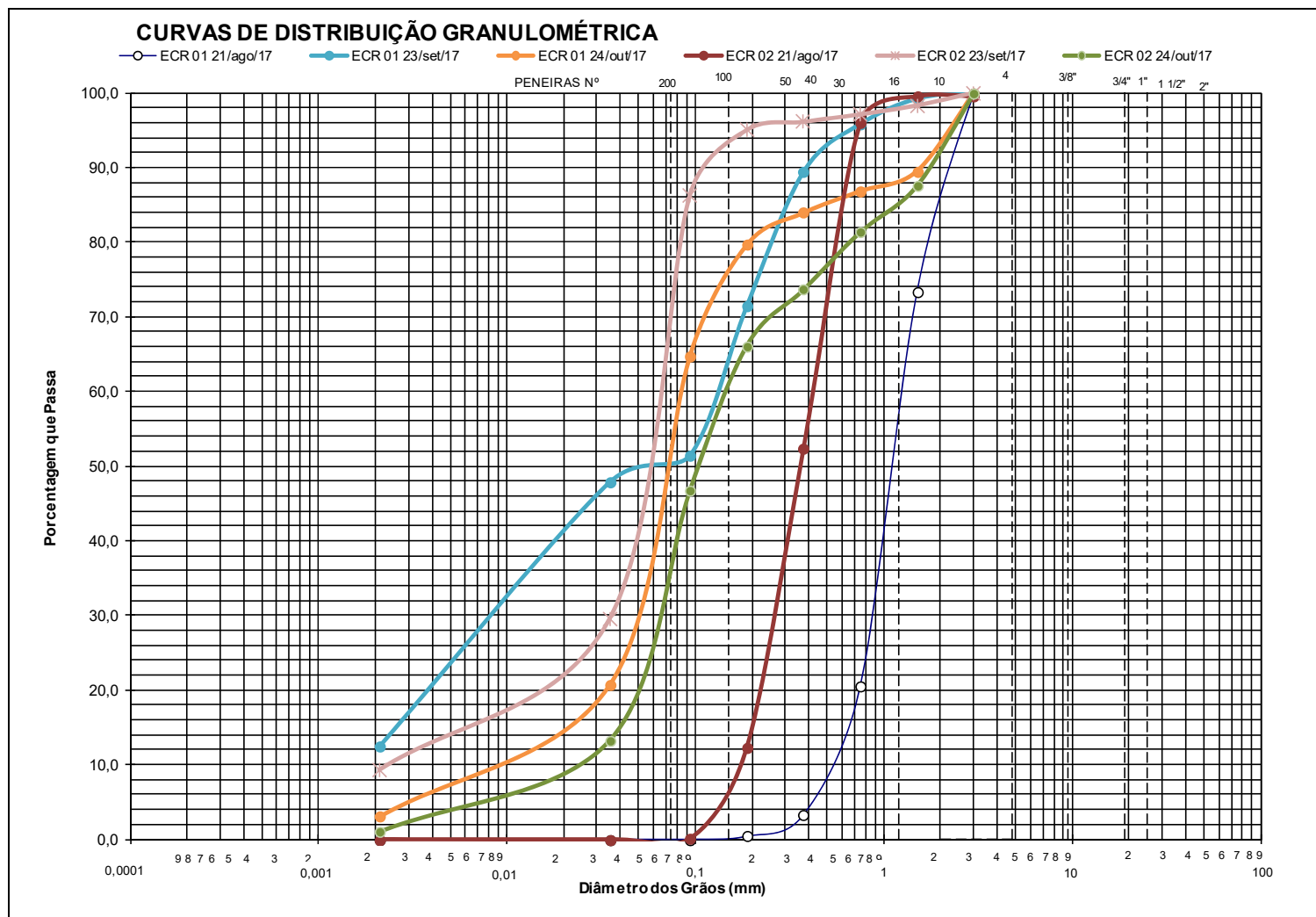


Gráfico 5.64: Curva de distribuição granulométrica do estuário Itaúnas (EIT)- Conceição da Barra/ES.

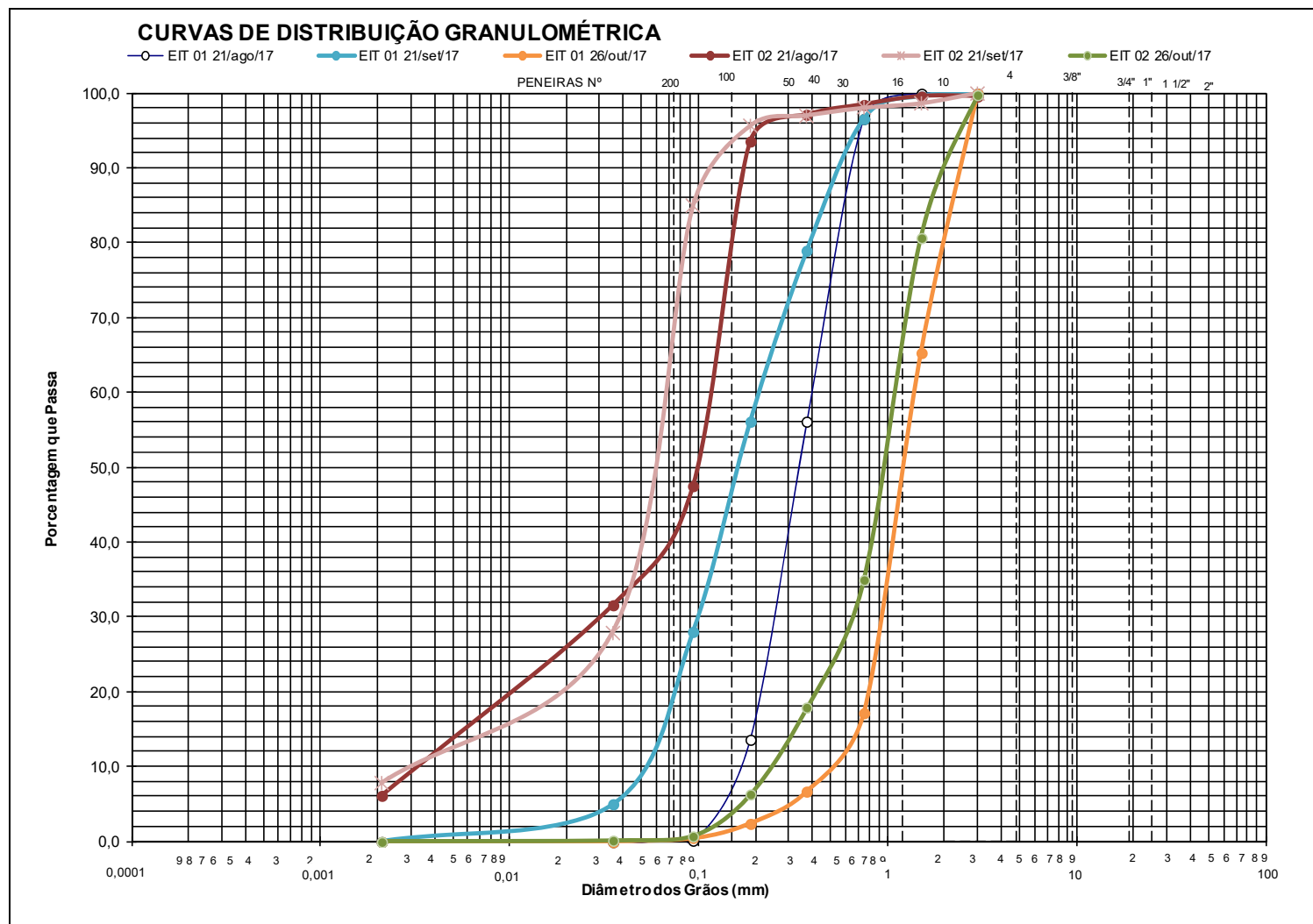


Gráfico 5.65: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Mucuri (ERU), Mucuri

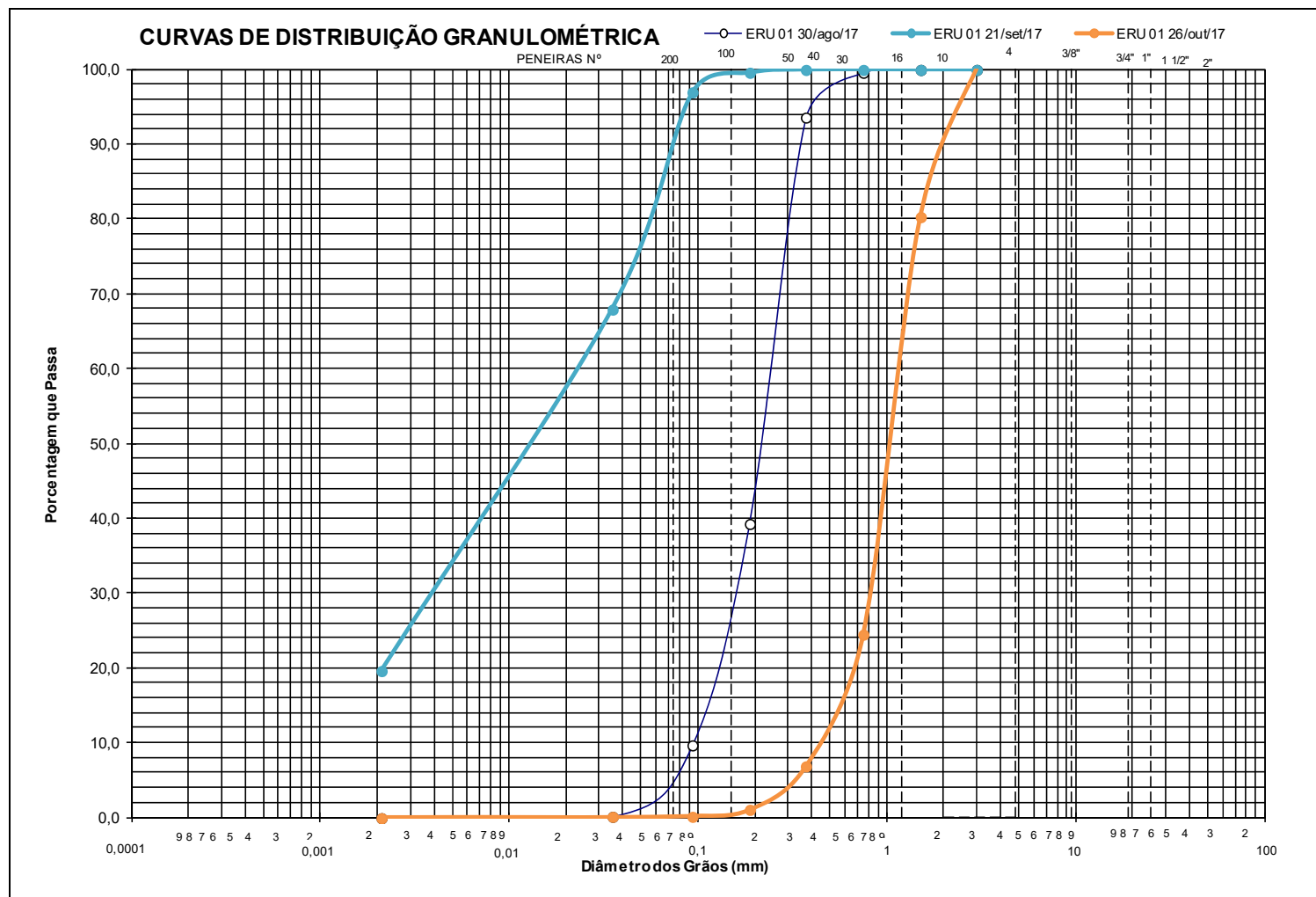


Gráfico 5.66: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Caraveas (ERC)- Nova Viçosa/ES

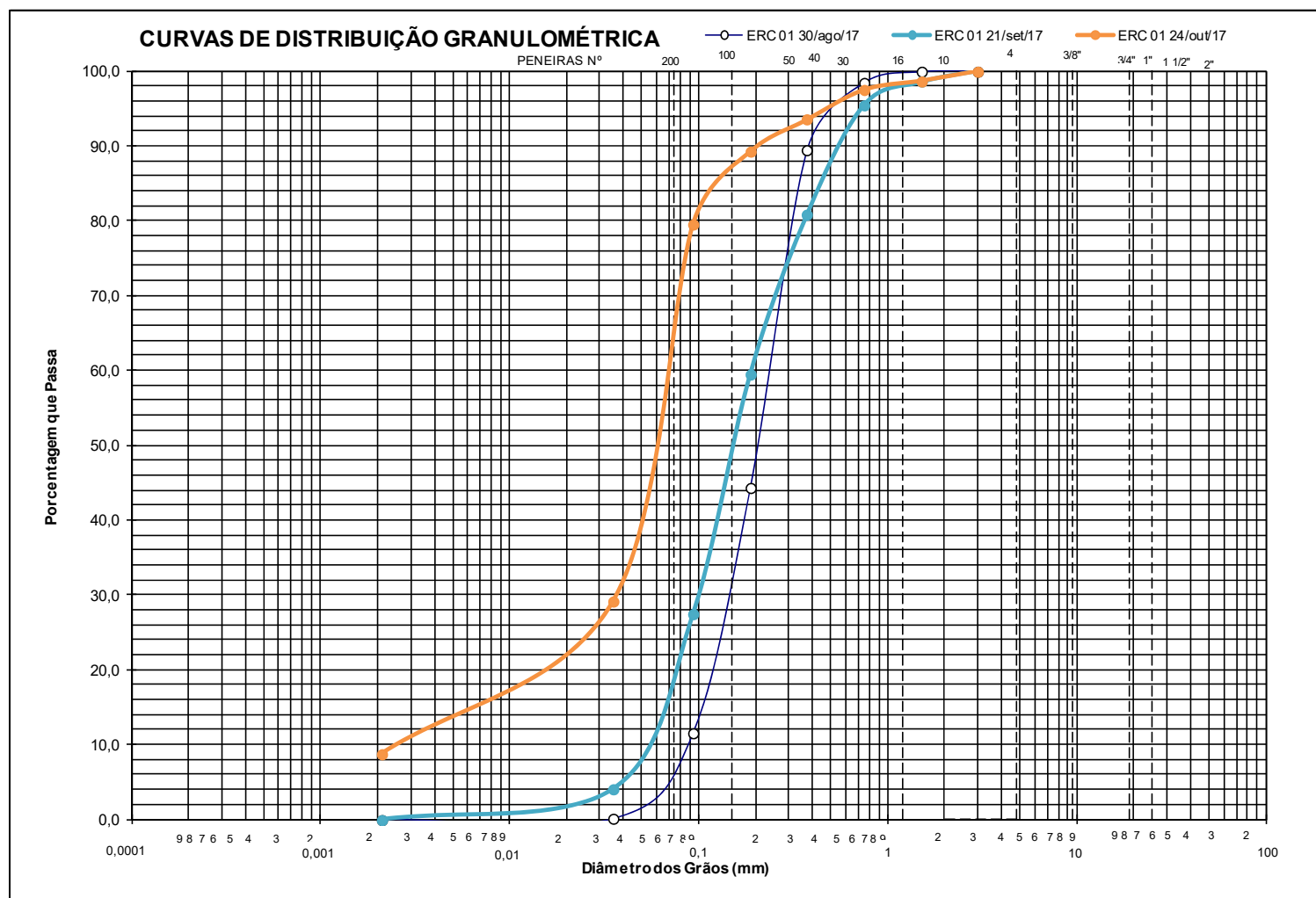


Gráfico 5.67: Curva de distribuição granulométrica do estuário Rio Caravelas (ERC)- Caravelas

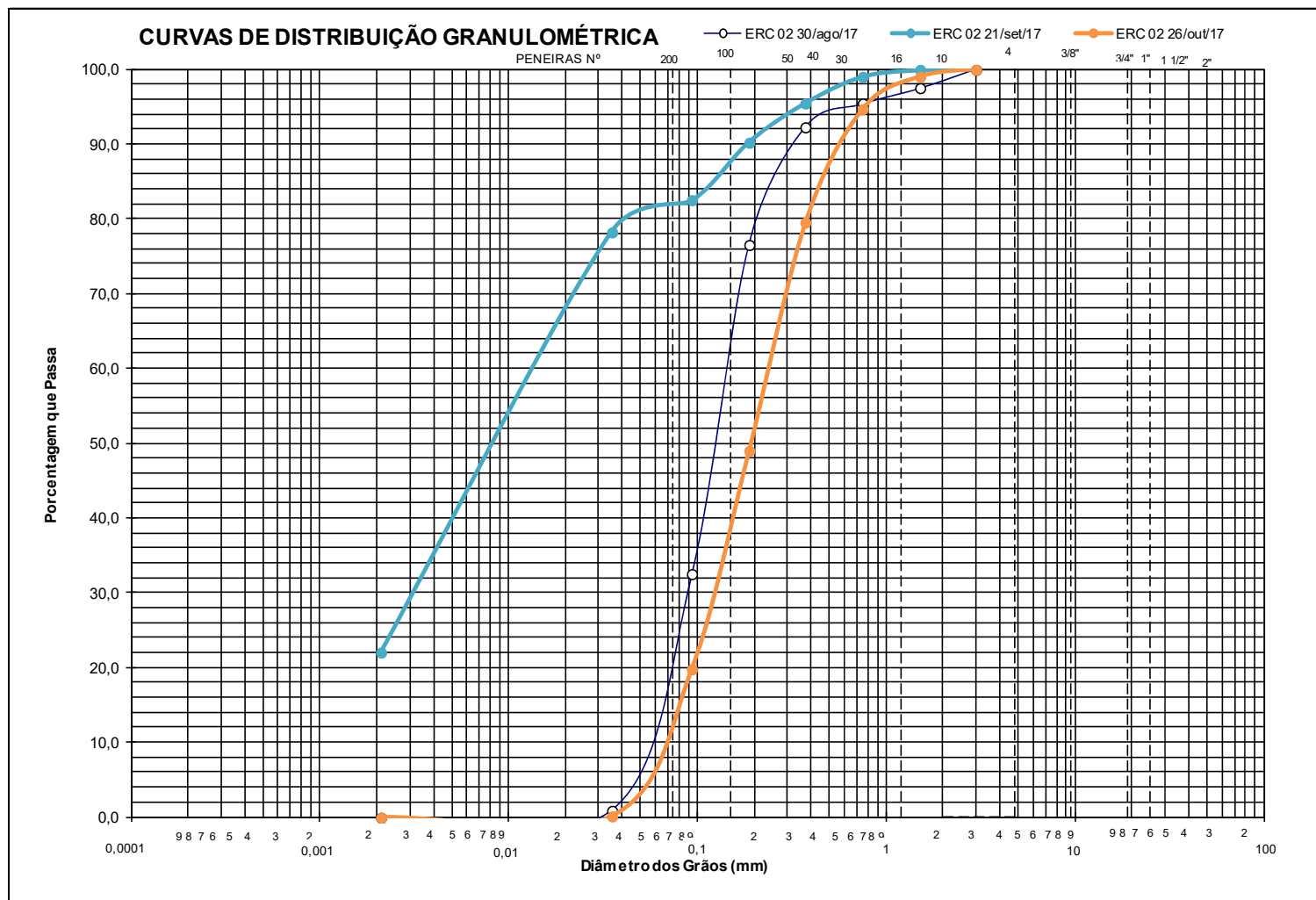


Gráfico 5.68: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCS 05 e 06 (Regência)- Linhares/ES

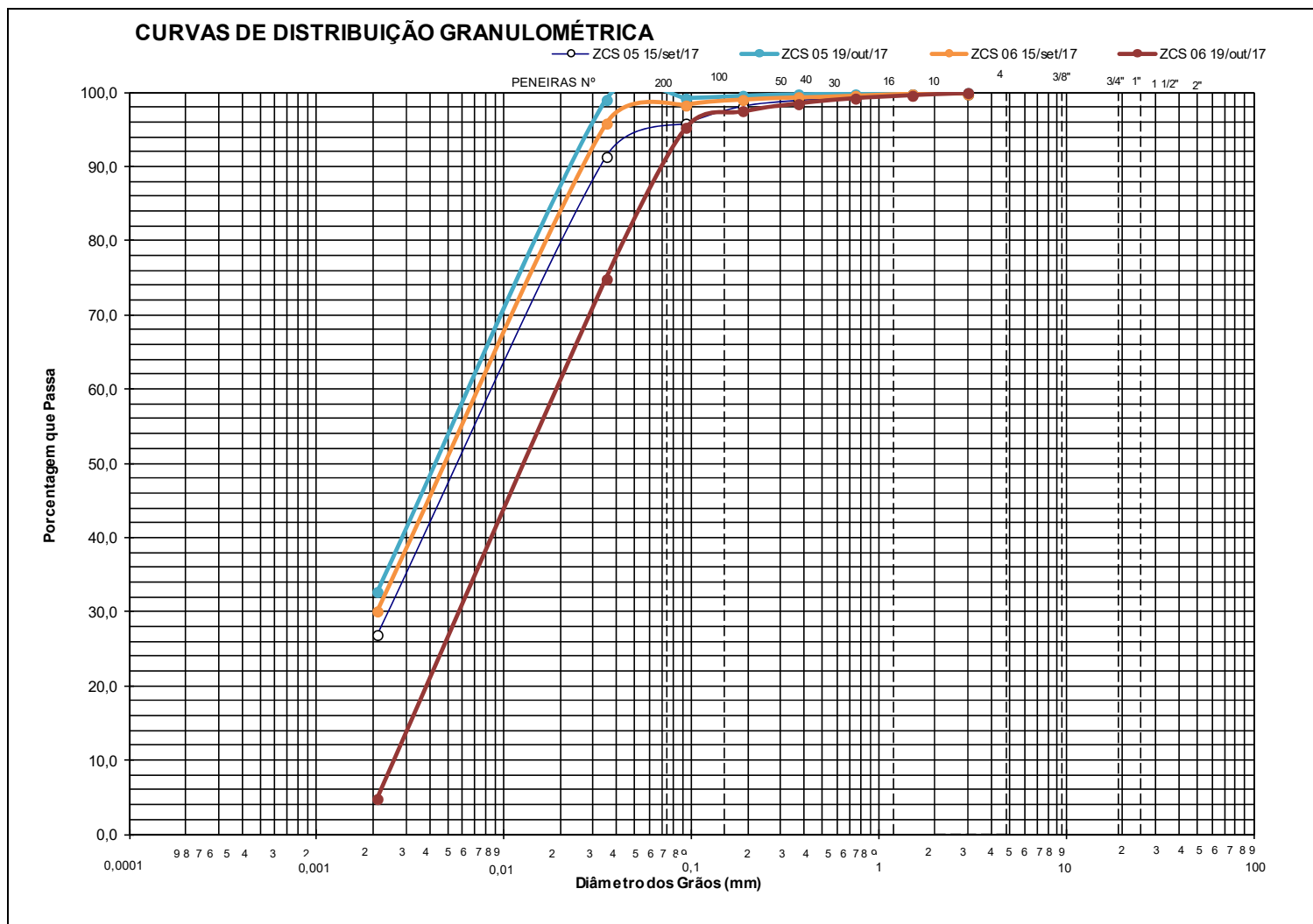
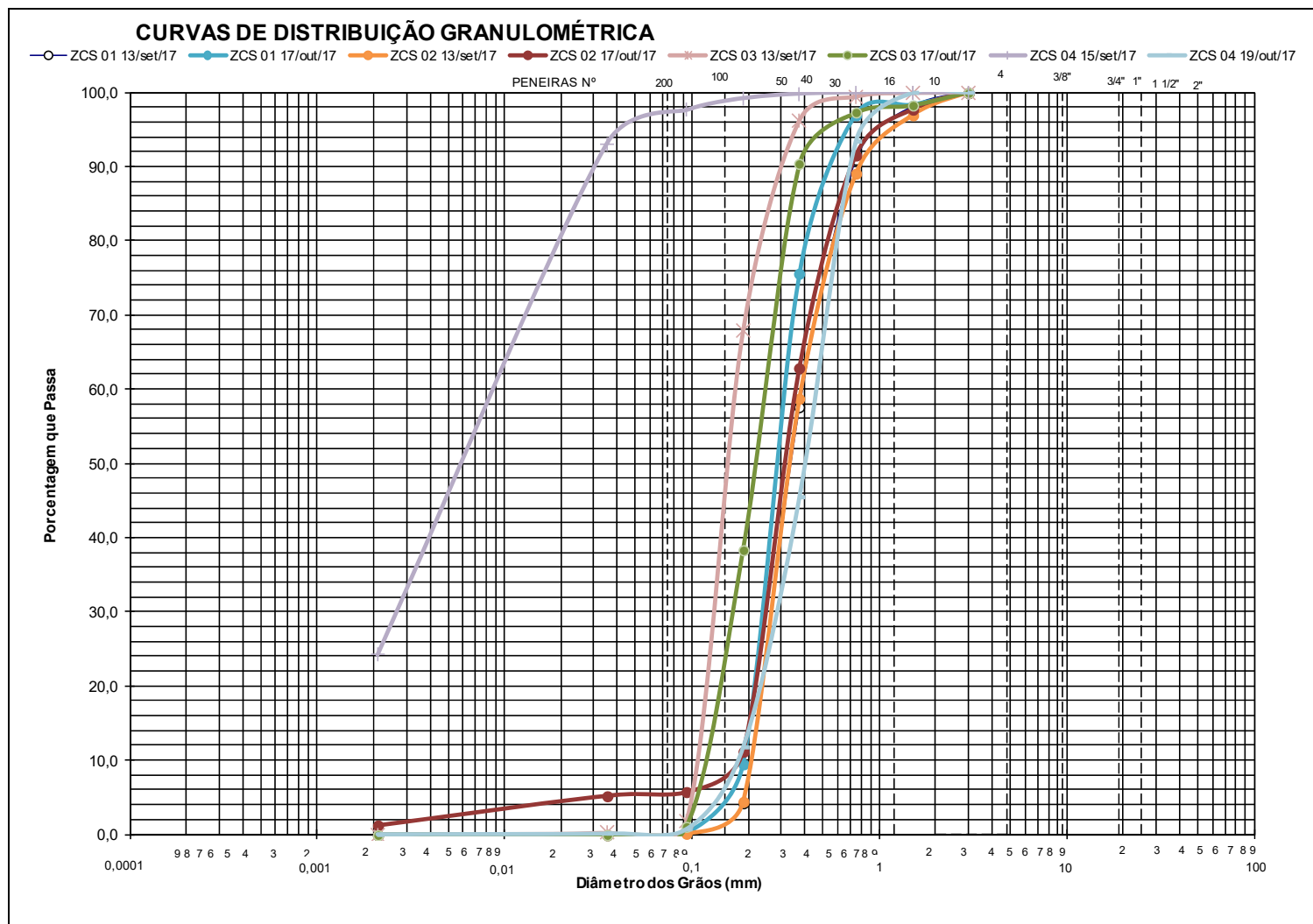


Gráfico 5.69: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCS 01, 02, 03 e 04, Aracruz



CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

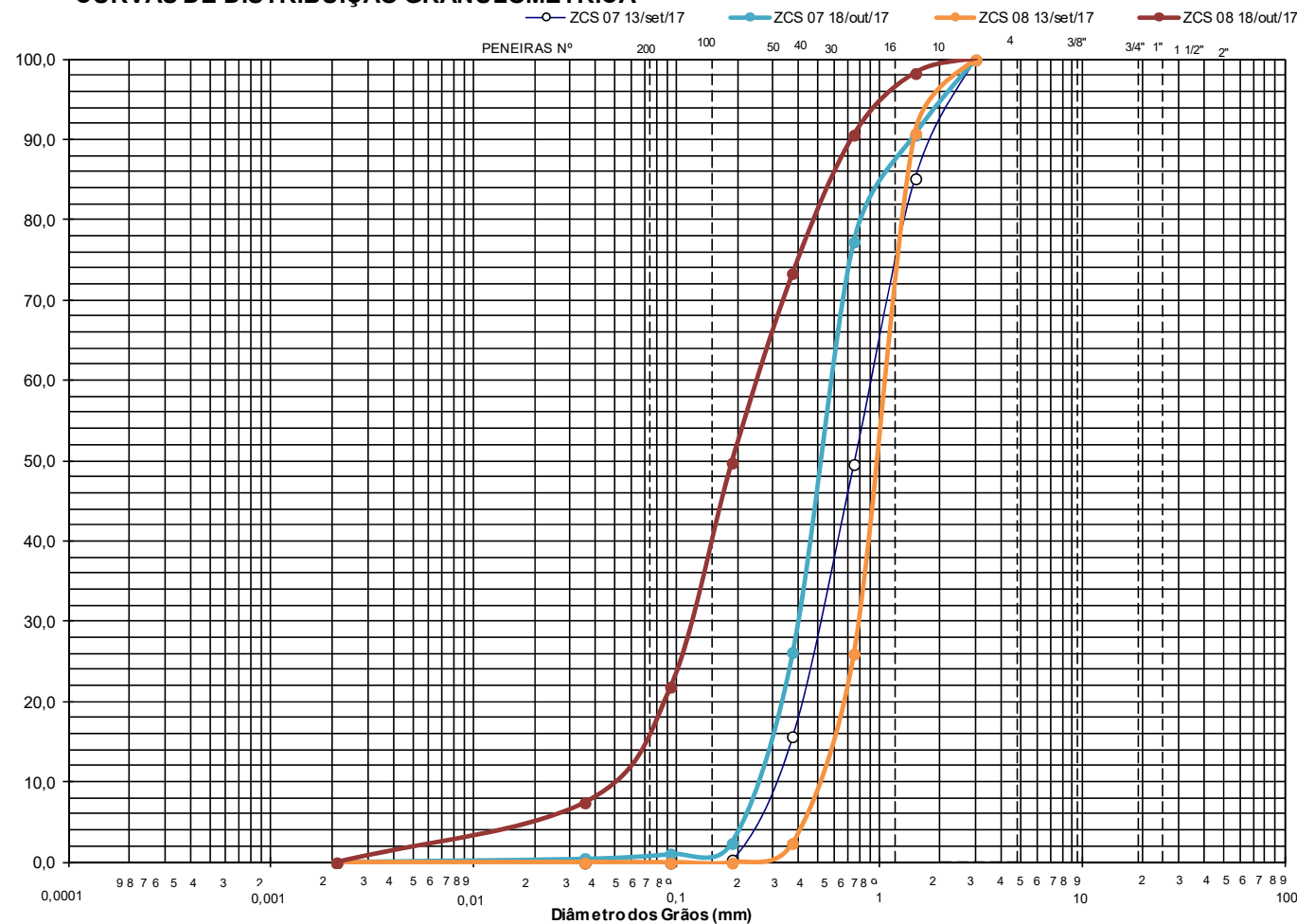


Gráfico 5.71: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 01, 02 e 03, Linhares

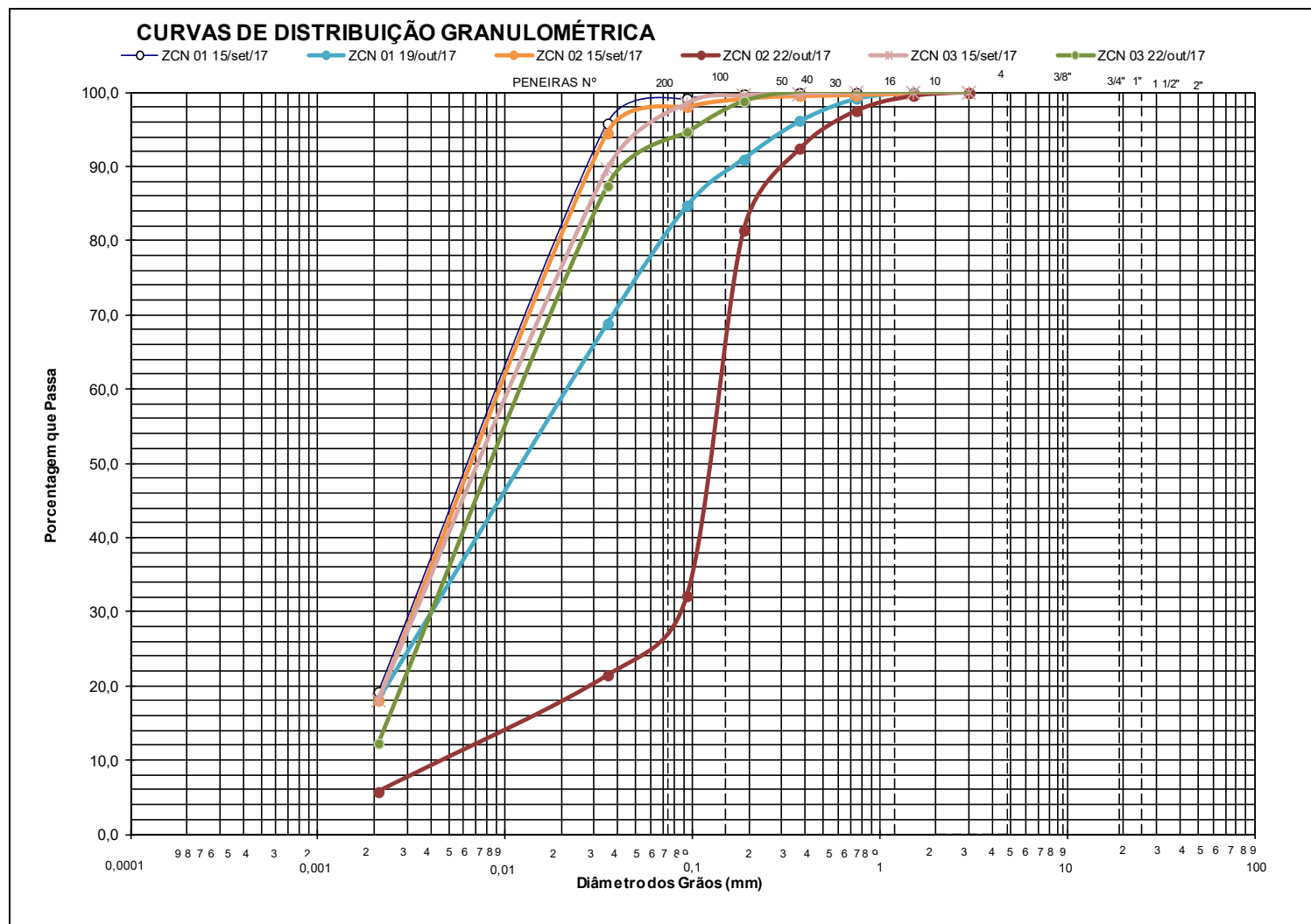
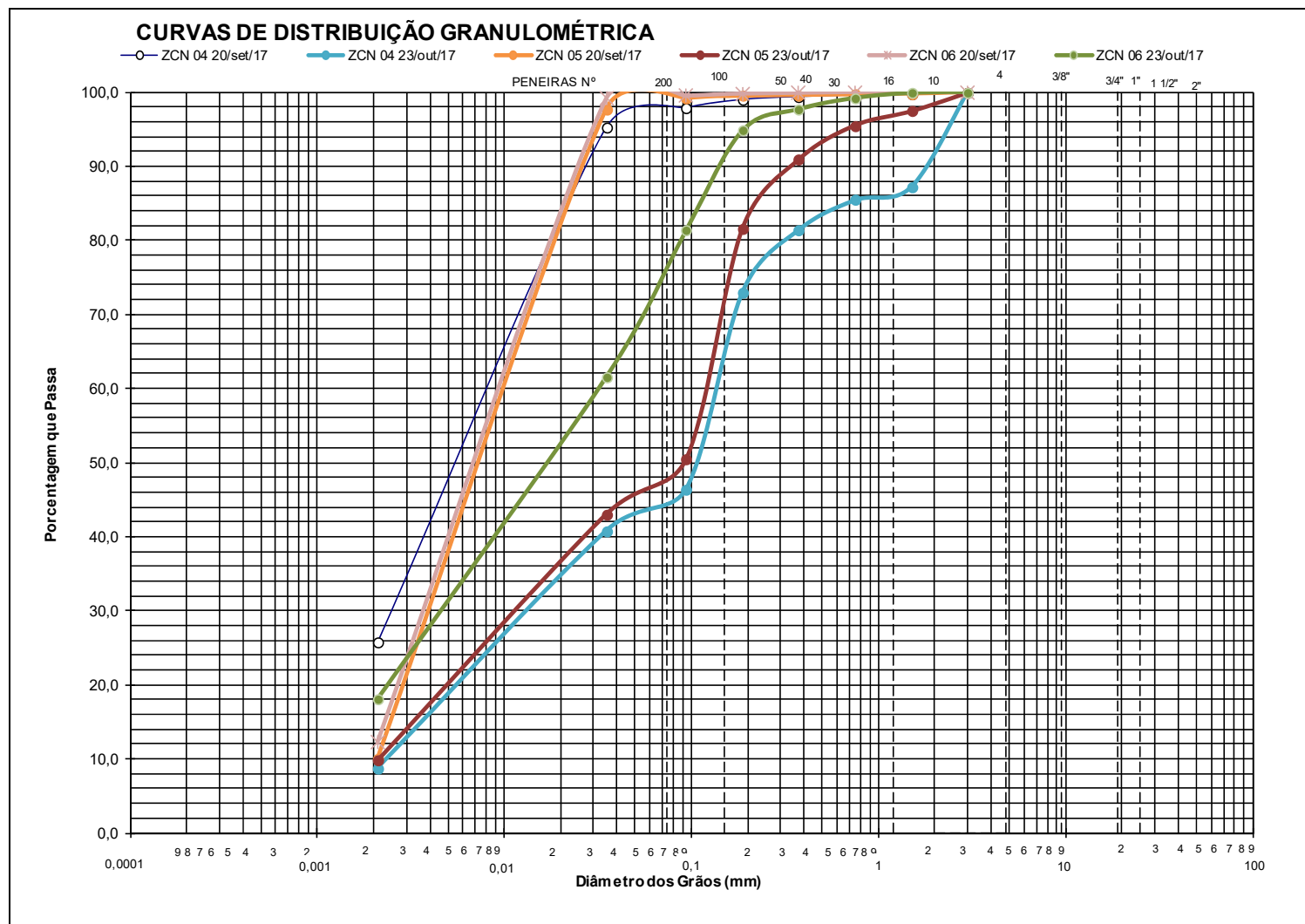


Gráfico 5.72: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 04, 05 e 06, São Mateus



CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

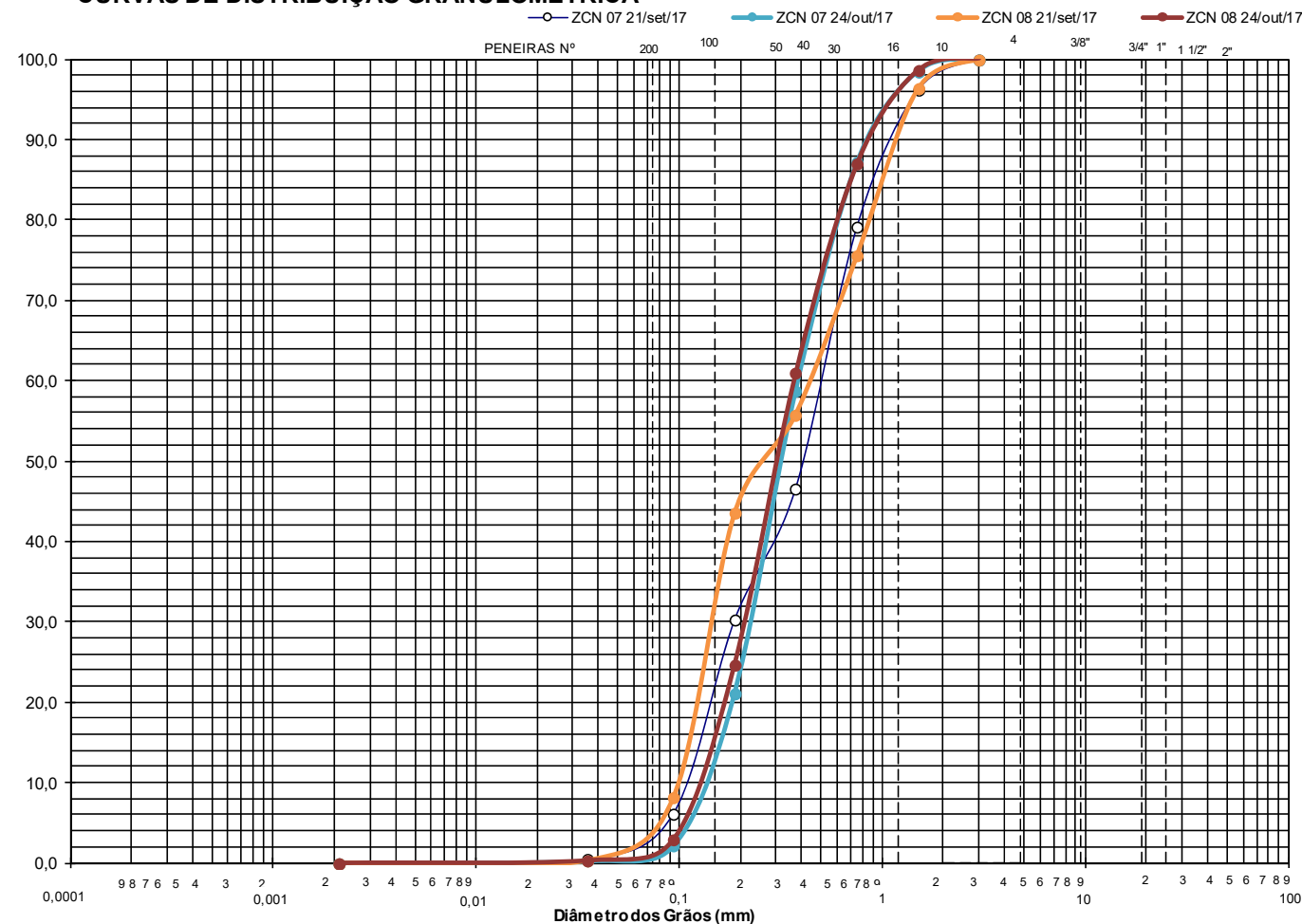


Gráfico 5.74: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 09, Nova Viçosa

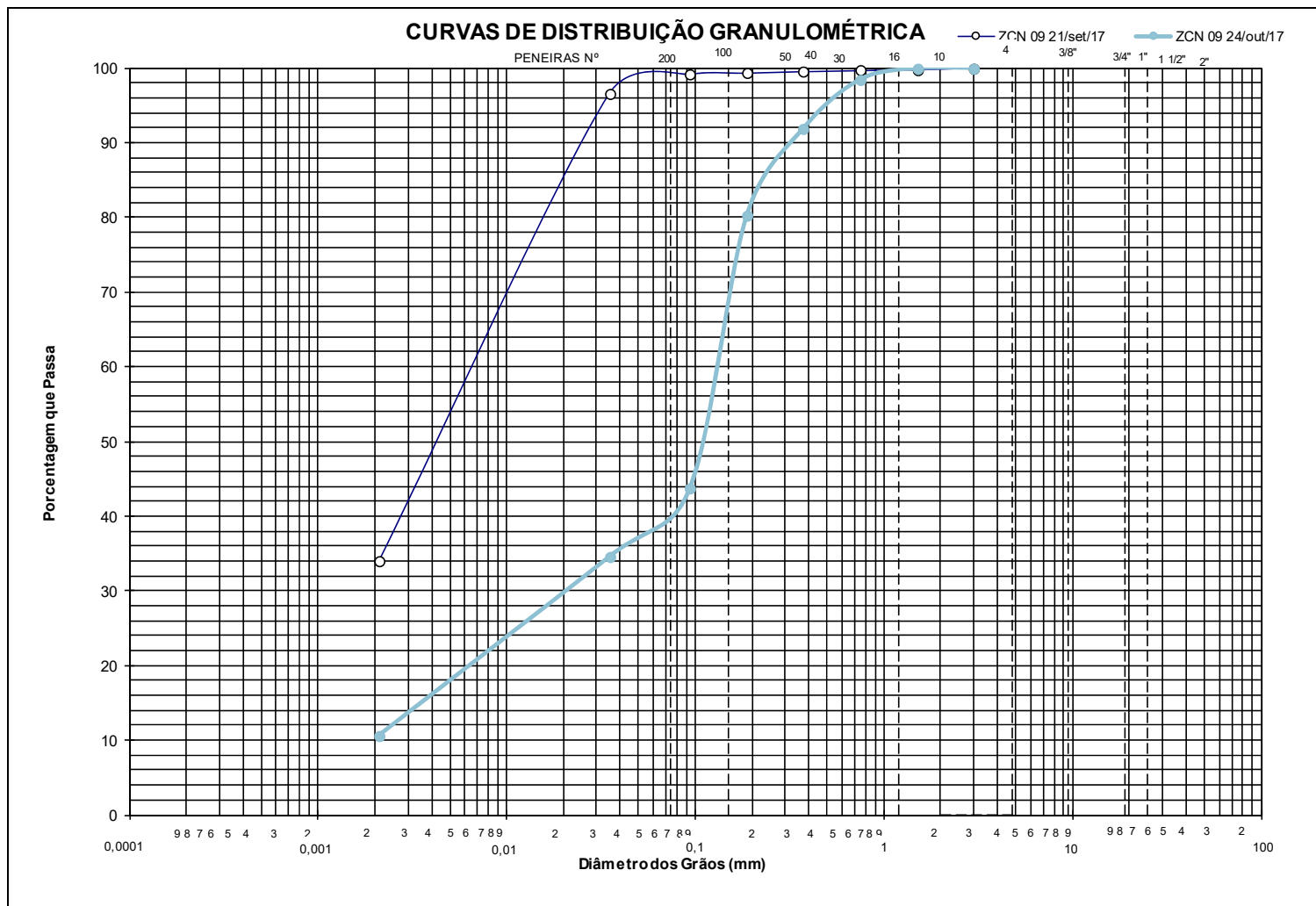
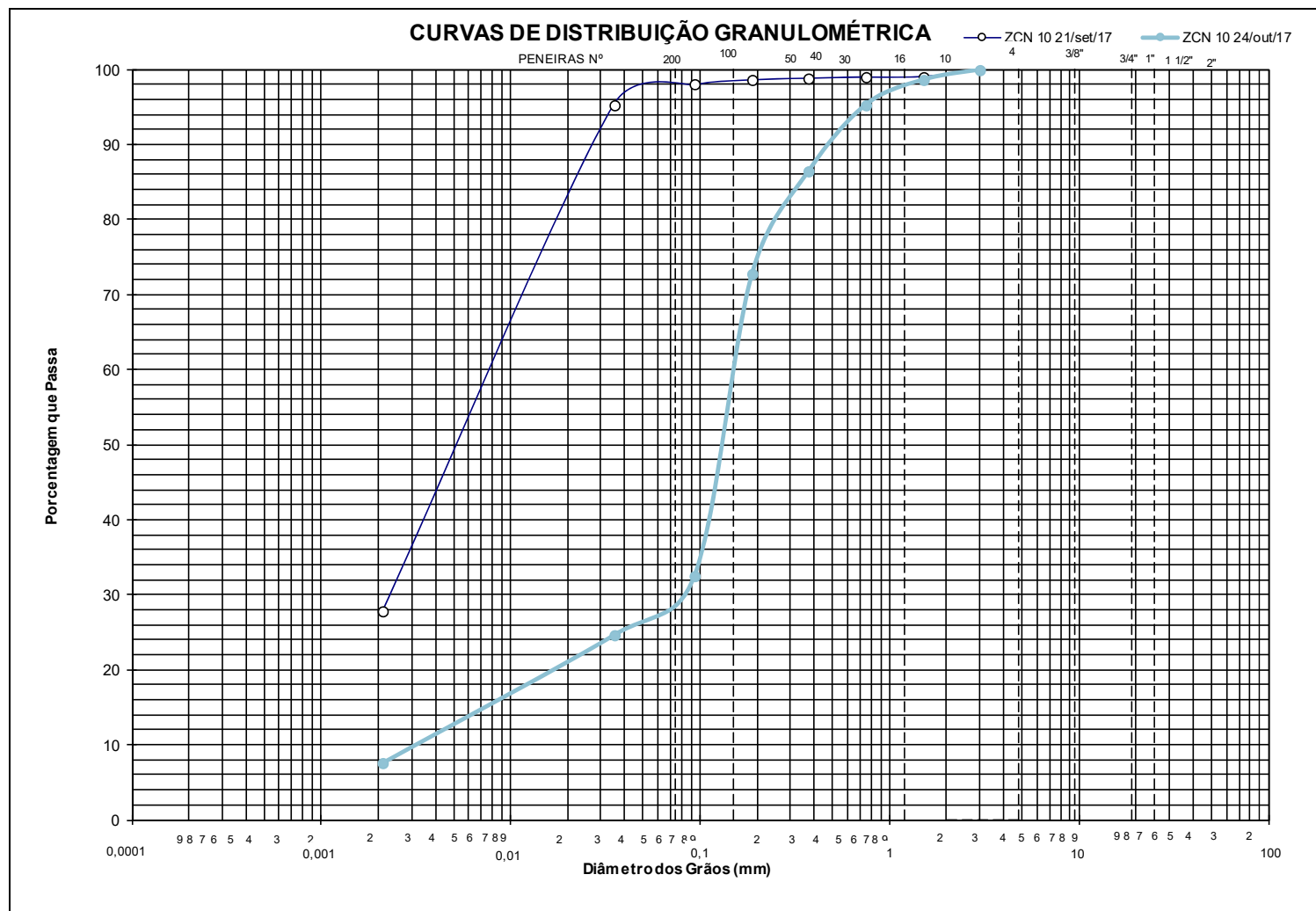


Gráfico 5.75: Curva de distribuição granulométrica dos pontos costeiros ZCN 10, Caravelas



5.9.4.1 Estuários

Porção Norte

O estuário do rio Caravelas (ERC 02), localizado mais ao norte da foz do rio Doce no município de Caravelas/BA, apresentou no mês de agosto predominância da fração areia fina (44%). Já no mês de setembro/17 predominou a deposição de silte (56%) e em outubro, a fração areia média (30%). Já o estuário de rio Caravelas no município de Nova Viçosa/BA apresentou granulometria majoritária de areia fina tanto em agosto/17 quanto em setembro e no mês de outubro houve a predominância da fração arenosa muito fina.

O estuário do rio Mucuri (ERU 01) provavelmente foi bastante influenciado com material particulado argiloso, e aos poucos retoma à granulometria característica dele que aparentemente é mais arenosa.

Os estuários localizados em Conceição da Barra: rio Itaúnas (EIT 01 e 02) e rio Cricaré (ECR 01 e 02) apresentaram composição granulométrica bem heterogênea com predominância da fração areia fina nesses três meses de monitoramento, embora com percentuais consideráveis das frações mais grosseiras, assim como silte e argila.

Os estuários do rio Barra Nova (EBN 01 e 0) apresentou predominância da fração areia muito grossa no mês de agosto/17, areia muito fina em setembro/17 e areia grossa em outubro/17.

Os estuários do Rio Ipiranga (ERI 01 e 02), localizados em Linhares/ES ao norte da foz do rio Doce apresentou predominância da fração argila grossa e silte na campanha realizada em agosto/17.

Na porção norte da foz, de modo geral, predominou a deposição de areia média (25,7%,) areia muito fina (24,6%) e areia muito grossa (20,5%), em agosto, setembro e outubro respectivamente

Foz do rio Doce

Na foz do rio Doce (ERD 01), localizado em Regência/ES, predominou a deposição de silte (59,58%), areia fina (29,28%) e areia média (39,02%), em agosto, setembro e outubro, respectivamente.

Porção Sul

O estuário do rio Riacho (ERR 02) apresenta discrepância entre os outros perfis granulométricos que são basicamente compostos de areia fina. Em setembro o ponto alterado já reestabeleceu a característica granulométrica do estuário.

Com a característica granulométrica bem definida do estuário do rio Piraque-Açu localizado em Aracruz/ES (EPA 02) foi o único que se desviou por maior quantidade de finos em setembro (50% silte) e em outubro o ponto já se adequou à granulometria característica do estuário, com predominância de areia média.

No ponto do estuário do rio Reis Magos (ERM 01), a granulometria basicamente siltosa e a partir de setembro já iniciou o próprio processo de recuperação do estuário, com predominância da fração mais arenosa.

Os grãos de sedimento predominantes encontrados nas áreas estuarinas ao sul da foz do rio Doce nos meses de agosto, setembro e outubro foram respectivamente: areia média (24,3%), areia grossa (23,2%) e areia fina (39%).

5.9.4.2 Região Costeira

Na região costeira ao Norte do rio Doce, a predominância foi de silte apresentando os seguintes percentuais dessa fração granulométrica: 45%, 60% e 30% nos meses de agosto, setembro e outubro, respectivamente.

Já os resultados de granulometria de sedimentos da zona costeira ao sul da foz do rio Doce, apresentaram predomínio de areia média em agosto (40%) e em outubro (31%). No mês de setembro a fração majoritária em termos de percentual foi a siltosa (25%), porém ressalta-se que essas ocorrências ocorreram apenas nos pontos localizados em Aracruz/ES e Linhares/ES (ZCS04, ZCS05 e ZCS06).

Desta forma, o teor de fração fina dos sedimentos nos meses amostrados foi mais frequente nos locais próximos a foz e ao norte da foz. A distribuição dos sedimentos é resultado da descarga sólida provenientes do rio e das condições meteo-oceanográficas.

5.9.5 Argilominerais dos sedimentos da Região Costeira

As amostras foram submetidas a análise semi-quantitativa por Difractometria de Raios X (DRX), realizadas em um Difrátômetro da PANalytical Empyrean, utilizando radiação $\text{CuK}\alpha$ e cristal monocromador de grafita. O método de análise se baseia na comparação dos valores das distâncias interplanares e das intensidades dos picos nos difratogramas das amostras analisadas

e uma amostra de referência, utilizando o padrão do banco de dados PDF-2 do ICDD – International Centre for Diffraction Data.

Para a quantificação de fases minerais, utilizou-se o método Rietveld sendo este, um método matemático que faz uso da difração de raios X para realizar refinamento de célula unitária, refinamento de estrutura cristalina e análise quantitativa de fases. O programa de software do método de Rietveld utilizado foi o HighScore Plus. Os indicadores estatísticos da qualidade do ajuste (χ^2) ou GOF (goodness of fit) com valores iguais ou abaixo de $\sim 3,0$ estão dentro da faixa de valores aceitáveis. O fator estatístico que se refere à qualidade do refinamento de estrutura cristalina (Rwp) apresentou valores baixos mostrando um refinamento de boa qualidade.

As tabelas (Tabela 5.126 a 5.131) a seguir apresentam os resultados da difração de raio X através do método Rietveld.

Tabela 5.126 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Zona Costeira – Agosto/17.

Ponto	Quartzo	Gibbsita	Caulinita	Flogopita	Goethita	Halita	Albita	Calcita	Anortita	Microclina	Calcita Magnesiana	Aragonita	Anortoclásio	Moscovita
ZCS 01	97,9	-	-	-	-	1,5	-	-	-	0,6	-	-	-	-
ZCS 02	97,4	-	-	-	-	0,6	2,0	-	-	-	-	-	-	-
ZCS 03	97,4	-	-	-	-	0,5	1,1	-	-	1,0	-	-	-	-
ZCS 04	96,8	0,3	-	-	-	1,0	-	-	-	1,9	-	-	-	-
ZCS 05	6,1	-	87,9	-	1,3	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-
ZCS 06	49,9	0,8	37,8	1,7	-	1,5	-	-	8,3	-	-	-	-	-
ZCS 07	96,6	-	-	-	-	0,8	0,7	-	-	2,0	-	-	-	-
ZCS 08	95,2	-	-	-	-	0,5	0,3	-	-	4,0	-	-	-	-
ZCN 01	20,4	0,8	65,2	1,3	0,8	4,7	6,8	-	-	-	-	-	-	-
ZCN 02	43,8	0,5	38,0	0,9	-	1,3	3,2	-	-	-	12,3	-	-	-
ZCN 03	73,8	0,6	23,2	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-
ZCN 04	11,9	1,6	45,9	-	-	4,2	-	1,6	-	-	6	-	-	28,8
ZCN 05	97,4	-	-	-	-	0,5	-	-	-	2,1	-	-	-	-
ZCN 06	9,6	1,3	54,6	-	-	2,2	-	2,3	-	-	-	7,1	1,2	21,7
ZCN 07	18,0	1,3	42,1	-	-	5,6	-	3,9	-	-	10,3	-	-	18,7
ZCN 08	98,4	-	-	-	-	0,9	-	-	-	-	0,7	-	-	-
ZCN 09	4,3	1,7	64,6	-	-	7,5	-	17,0	-	-	5,0	-	-	-
ZCN 10	96,9	-	-	-	-	0,9	0,8	-	-	-	1,3	-	-	-

Tabela 5.127 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Zona Costeira – Setembro/17.

Ponto	Quartz o	Gibbsit a	Caulinit a	Goethit a	Halit a	Albit a	Calcit a	Anortit a	Microclin a	Calcita Magnesiana	Aragonit a	Magnetit a	Moscovit a	Ortoclas e
ZCS 01	21,6	-	-	-	1,2	-	2,5	-	-	54,4	19,3	1,0	-	-
ZCS 02	27,5	-	-	-	0,4	13,6	-	-	-	58,5	-	-	-	-
ZCS 03	46,7	0,6	2,2	-	1,0	-	-	-	-	36,0	13,5	-	-	-
ZCS 04	10,1	0,7	57,2	14,9	4,9	-	-	10,2	-	2,0	-	-	-	-
ZCS 05	18,2	2,0	52,2	-	2,3	1,0	1,1	-	-	6,2	-	-	17,0	-
ZCS 06	15,1	1,3	45,9	-	2,2	-	0,6	-	1,5	5,9	-	-	27,4	-
ZCS 07	7,4	-	-	-	1,4	6,9	-	-	-	65,9	18,5	-	-	-
ZCS 08	77,1	-	-	-	-	-	6,9	-	0,8	13,9	-	1,2	-	-
ZCN 01	13,1	1,9	56,7	-	2,8	-	-	-	11,2	-	-	-	14,4	-
ZCN 02	15,4	1,7	53,8	-	2,7	-	1,4	-	-	9,3	-	-	10,9	4,7
ZCN 03	32,6	1,1	37,9	-	2,6	-	0,6	-	-	8,1	-	-	17,0	-
ZCN 04	4,6	2,6	46,2	-	6,5	-	1,6	-	-	9,9	6,7	-	22,0	-
ZCN 05	18,9	1,4	39,3	-	2,4	-	-	-	1,4	12,1	7,4	-	17,2	-
ZCN 06	12,5	1,8	44,3	-	2,8	-	1,7	-	6,0	10,1	8,7	-	12,2	-
ZCN 07	98,8	-	-	-	0,5	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-
ZCN 08	98,7	-	-	-	0,5	-	-	-	-	0,8	-	-	-	-
ZCN 09	4,6	1,5	52,8	-	4,6	-	-	-	7,6	16,8	9,0	-	-	-
ZCN 10	6,5	0,4	48,2	-	7,1	-	3,8	-	-	13,1	-	-	20,8	-

Tabela 5.128 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Zona Costeira – Outubro/17.

Ponto	Quartzo	Gibbsita	Caulinita	Flogopita	Goethita	Halita	Albita	Calcita	Microclina	Calcita Magnésiana	Aragonita	Moscovita	Ortoclase	Hematita
ZCS 01	36,2	-	-	-	-	-	-	1,7	-	51,5	10,6	-	-	-
ZCS 02	15,1	-	16,7	-	-	1,1	-	7,0	-	49,2	10,8	-	-	-
ZCS 03	58,4	-	1,1	-	-	0,6	-	-	-	28,0	12,0	-	-	-
ZCS 04	92,3	-	-	-	-	-	1,5	-	6,2	-	-	-	-	-
ZCS 05	1,5	1,1	47,8	46,1	0,2	-	-	0,7	-	2,6	-	-	-	-
ZCS 06	43,5	1,2	32,8	-	7,8	1,2	-	-	-	1,2	-	2,4	-	10,0
ZCS 07	49,6	-	-	-	-	0,5	-	-	-	39,3	10,6	-	-	-
ZCS 08	5,5	-	-	-	-	1,3	-	9,1	-	45,2	38,9	-	-	-
ZCN 01	3,0	1,3	39,3	-	0,9	1,3	-	0,8	-	5,3	2,6	45,5	-	-
ZCN 02	70,0	0,6	25,3	-	-	1,6	-	-	-	2,6	-	-	-	-
ZCN 03	12,5	3,9	44,2	-	-	1,8	-	-	-	8,6	-	19,9	-	-
ZCN 04	8,3	1,0	41,6	-	-	0,9	-	2,6	-	8,5	6,2	30,8	-	-
ZCN 05	47,6	0,9	31,5	-	-	2,7	-	5,3	-	11,9	-	-	-	-
ZCN 06	25,3	0,5	61,8	-	-	0,8	-	2,1	-	9,6	-	-	-	-
ZCN 07	92,9	-	-	-	-	1,5	-	1,3	-	3,4	-	-	1,0	-
ZCN 08	94,3	-	-	-	-	1,3	-	1,5	-	2,9	-	-	-	-
ZCN 09	63,4	-	29,1	-	-	2,5	-	1,7	-	3,4	-	-	-	-
ZCN 10	50,1	-	36,5	-	-	0,5	-	-	1,8	11,1	-	-	-	-

Os pontos de monitoramento da zona costeira sul, mostraram no mês de agosto/17 (Tabela 5.126), maior predominância da fase cristalina do Quartzo, salvo os pontos ZCS 05 e ZCS 06, os quais apresentaram diferentes porcentagens e fases cristalinas de Caolinita, Goethita, Quartzo.

A porção norte da zona costeira, no mês de agosto, houve maior distribuição das massas de diferentes fases cristalinas, com predominância da Caulinita, salvo os pontos ZCN 07, ZCN 08, ZCN 09, ZCN 10, em que há predominância de Quartzo. Os pontos ZCN 01, ZCN 03, ZCN 04, apresentaram valores consideráveis da fase cristalina da Muscovita.

Para fins de comparação, de modo geral, a composição de massa das fases cristalinas do rejeito da mineração, da Barragem Fundão, é composta em sua maioria por Quartzo, compondo cerca de 58% das amostras, seguidos por Caolinita (cerca de 15%), Hematita (cerca de 12%), Muscovita (cerca de 10%), Goethita (cerca de 3%), Albita (cerca de 2%), de acordo com GOLDER (2016).

Nos laudos da zona costeira de setembro/17 (Tabela 5.128), houve predominância na distribuição de Calcita Magnesiana, nos pontos ZCS 01, ZCS 02, ZCS 07, o ponto ZCS 03 também possui distribuição considerável desta fase cristalina. Os pontos ZCS 04 e ZCS 05, apresentaram maior composição de Caulinita. De tal forma, para o mês de setembro/17 na porção sul, as porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas diferem do mês de agosto/17, uma vez que não houve predominância de Quartzo, apresentando também diferentes minerais, tais como: Calcita Magnesiana, Aragonita, Moscovita. A campanha de setembro comparada à campanha de agosto, não foram identificados as fases cristalina da Flogopita e Hematita.

A porção norte da zona costeira na campanha de setembro/17, de forma geral, apresentou valores consideráveis, para todos os pontos, da fase cristalina da Caulinita, salvo os pontos ZCN 07 e ZCN 08, os quais são predominantemente compostos pelo Quartzo. De tal forma, comparados à campanha de agosto/17, o mês de setembro/17, mostrou valores da fase cristalina de Calcita Magnesiana em quase todos os pontos, exceto o ponto ZCN 01, diferindo-se da campanha anterior. A fase cristalina da Moscovita, esteve presente na maioria dos pontos amostrados, salvo os pontos ZCN 07, ZCN 08, ZCN 09.

Os laudos para zona costeira da campanha de outubro/17 (Tabela 5.128), para a porção sul, apresentaram resultados diferentes das demais campanhas, em que a distribuição das fases minerais, apesar de apresentar similaridades com a campanha de setembro/17, se difere principalmente para o ponto ZCS 04, o qual identificou-se predominância da fase cristalina do Quartzo. O ponto ZCS 05, apresentou elevada porcentagem de massa da fase cristalina da Flogopita, diferenciando-se de todas as campanhas passadas. Houve também diminuição da porcentagem de Calcita Magnesiana, principalmente no ponto ZCS 08, e ZCS 04 a qual não foi identificada.

A porção norte da zona costeira, para campanha de outubro/17, apresentou predominância nas fases cristalina do Quartzo e Caulinita. em comparação com a campanha de setembro/17 as porcentagens de Calcita Magnesiana foram menores para campanha de outubro. Observou-se também diminuição na fase da Hialita, salvo os pontos ZCN 07 e ZCN 08, os quais houveram aumentos, em comparação com a campanha anterior. Observa-se também que os valores identificados para Quartzo aumentaram significativamente, salvo os pontos ZCN 01 e ZCN 03, os quais tiveram diminuição, ao compara-los com a campanha de setembro/17.

Entretanto, em geral, todas as campanhas apresentadas para a zona costeira, os laudos se diferem da Barragem do Fundão, uma vez que as composições de Quartzo são superiores, em grande maioria (> 60%), assim como as porcentagens de Caulinita (> 15% e < 66%), não foram identificadas fases cristalinas da hematita, salvo o ponto ZCS 06 na campanha de outubro/17. Os valores de Moscovita na maioria dos casos, foram superiores a 10%, quando presentes. Os resultados de albita, se mantiveram similares, salvo alguns casos em que sua representação foi superior a 2% nas campanhas de agosto/17 e setembro/17.

Compara-se também, que houve presença de fases cristalinas, nas campanhas de agosto, setembro e outubro/17, distintas da Barragem do Fundão, tais como: Anortita, Anortoclásio, Aragonita, Calcita, Calcita Magnesiana, Flogopita, Goethita, Gibbsita, Magnetita, Microclina, Ortoclase.

Tabela 5.129 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Estuários – Agosto/17

Ponto	Quartzo	Gibbsita	Caulinita	Flogopita	Goethita	Halita	Albita	Calcita	Anortita	Microclina	Calcita Magnesiana	Aragonita	Anortoclásio	Moscovita
EPA 01	98,3	0,3	-	-	-	0,4	-	1,0	-	-	-	-	-	-
EPA 02	99,8	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
ERR 01	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ERR 02	66,6	-	29,1	-	-	0,7	2,8	0,8	-	-	-	-	-	-
ECR 02	8,3	-	1,6	-	-	1,2	-	5,4	-	-	62,9	19,4	-	1,1
ECR 01	99,6	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
ECR 02	94,7	-	-	-	-	0,5	-	-	-	2,6	-	-	2,3	-
EIT 01	99,2	-	-	-	-	0,4	-	0,1	-	-	0,3	-	-	-
EIT 02	17,7	1,4	60,0	0,7	-	5,3	-	2,3	-	-	12,5	-	-	-
ERM 01	78,6	0,9	16,2	1,2	-	1,5	1,6	-	-	-	-	-	-	-
ERM 02	96,1	-	-	-	-	1,4	-	1,3	-	1,2	-	-	-	-
ERD 01	20,3	1,8	57,1	0,7	-	6,1	0,4	13,6	-	-	-	-	-	-
ERI 01	35,1	1,0	49,4	1,2	-	13,4	-	-	-	-	-	-	-	-
ERI 02	34,2	-	-	-	-	1,5	-	3,2	-	-	46,5	14,6	-	-
ERC 01	20,0	-	0,4	-	-	1,8	-	-	-	-	63,9	14,0	-	-
EBN 01	17,8	-	-	-	-	1,1	-	2,6	-	-	61,2	17,2	-	-
EBN 01	99,8	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 5.130 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) -Estuário – Setembro/17

Ponto	Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Estuários – Setembro/17												
	Quartzo	Gibbsita	Caulinita	Flogopita	Halita	Albita	Calcita	Anortita	Microclina	Calcita Magnesiana	Aragonita	Moscovita	Ortoclase
EPA 01	94,6	-	0,7	-	0,7	-	-	-	-	4,1	-	-	-
EPA 02	2,9	4,3	70,4	-	5,6	-	2,9	-	-	13,8	-	-	-
ERR 01	96,2	-	-	-	-	3,8	-	-	-	-	-	-	-
ERR 02	88,4	-	-	1,1	10,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ERC 02	8,4	1,3	58,9	-	8,9	-	5,1	-	-	17,4	-	-	-
ECR 01	36,3	-	-	-	-	-	1,8	-	-	44,2	17,6	-	-
ECR 02	54,0	-	34,6	0,9	2,2	-	5,7	-	-	2,6	-	-	-
EIT 01	59,2	-	-	-	-	-	1,1	-	-	29,3	10,4	-	-
EIT 02	84,2	-	3,8	-	1,1	-	11,0	-	-	-	-	-	-
ERM 01	56,2	-	-	-	0,3	-	-	-	-	31,7	11,8	-	-
ERM 02	98,5	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-
ERD 01	20,1	-	-	-	-	-	-	-	-	53,5	26,3	-	-
ERI 01	96,1	-	-	-	0,4	-	-	-	3,2	0,3	-	-	-
ERI 02	49,0	-	-	-	1,1	-	1,5	-	-	36,7	11,8	-	-
ERU 01	74,4	-	22,3	-	2,1	-	1,1	-	-	-	-	-	-
ERC 01	92,5	-	3,4	-	1,2	-	1,3	-	-	1,6	-	-	-
EBN 01	46,8	-	-	-	0,3	-	-	-	-	37,0	15,9	-	-
EBN 02	73,4	-	-	-	0,2	-	1,1	-	-	18,8	6,5	-	-
EBN 02	98,1	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-

Tabela 5.131 - Porcentagem em massa das fases cristalinas identificadas (%) – Estuário – Outubro/17

Ponto	Quartzo	Gibbsita	Caulinita	Flogopita	Goethita	Halita	Albita	Calcita	Anortita	Microclina	Calcita Magnesiana	Aragonita	Moscovita	Ortoclase
ERR 01	77,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19,4	3,2	-	-
EBN 01	96,9	-	-	-	-	0,3	-	-	-	2,7	-	-	-	-
EBN 02	97,8	0,4	1,2	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-
ECR 01	66,7	-	18,6	-	-	3,3	-	1,9	-	3,1	6,3	-	-	-
ECR 02	52,4	-	21,0	-	-	1,1	-	18,7	-	6,8	-	-	-	-
EIT 01	98,1	-	-	-	-	0,2	-	-	-	1,7	-	-	-	-
EIT 02	98,0	-	0,9	-	-	0,3	-	-	-	0,8	-	-	-	-
EPA 01	56,3	-	0,9	-	-	0,5	-	1,0	-	-	31,6	9,7	-	-
EPA 02	48,4	1,2	19,5	-	-	1,0	-	-	-	-	21,0	8,9	-	-
ERC 01	28,7	-	50,1	-	-	5,8	-	1,0	-	5,3	9,1	-	-	-
ERC 02	30,7	-	-	-	-	0,8	-	-	-	0,6	51,5	16,5	-	-
ERD 01	90,5	0,7	4,7	-	-	1,7	-	-	-	-	-	-	1,6	0,8
ERI 01	90,4	0,2	3,7	-	-	0,9	-	-	-	2,3	0,4	-	2,2	-
ERI 02	98,2	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	-	0,5	-
ERM 01	59,6	-	0,6	-	-	0,4	-	1,9	-	-	23,6	13,9	-	-
ERM 02	52,1	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-	34,8	11,7	-	-
ERR 02	55,1	-	0,7	-	-	0,4	-	1,4	-	-	29,4	12,9	-	-
ERU 01	97,8	-	-	-	-	0,3	-	-	-	1,8	-	-	-	-

Os pontos de monitoramento dos estuários, mostraram nos meses de agosto/17, setembro/17 e outubro/17 (Tabelas 5.129 a 5.131), predominância da fase cristalina do quartzo, com exceções em que a fase calcita magnesiana apresenta maior percentual.

O ponto de monitoramento ECR 02 apresentou na campanha de agosto/17, predominância da fase calcita magnesiana (62%), porém em setembro e outubro essa fase não foi identificada e a fase mineral predominante foi o quartzo.

A Caulinita também foi predominante em alguns pontos: EIT 02, ERD 01 e ERI 01, (ago/17), ERC 02 (set/17) e ERC 01 (out/17) e nos demais pontos apresentaram como fase minoritária. Outras fases minerais com percentuais relevantes são: aragonita, halita, calcita.

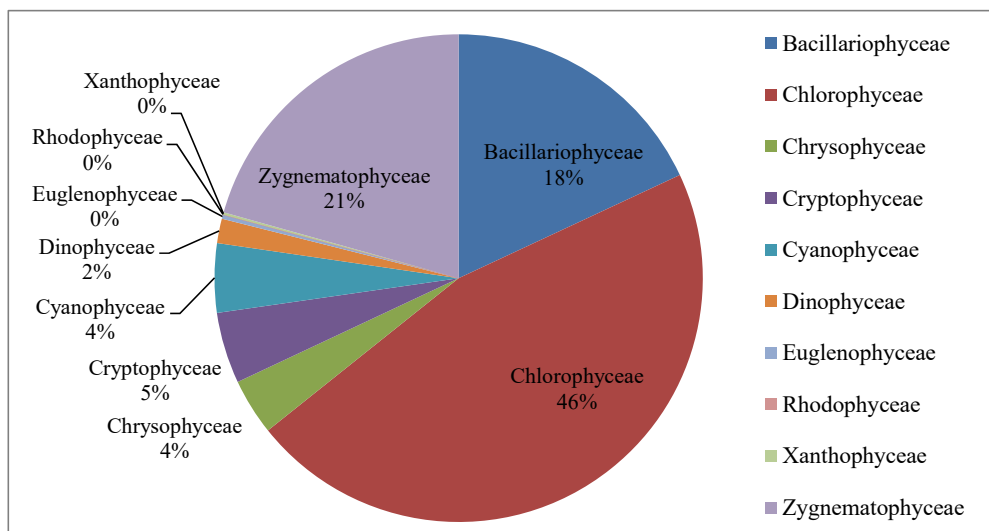
Não foi detectada a presença de hematita (Fe_2O_3) que é um mineral presente no rejeito das minerações de ferro e conseqüentemente estava presente na barragem de Fundão. Esse fato é bastante relevante pois sugere que a fração fina que conseguiu chegar a zona costeira, muito provavelmente já se encontra submersa em camadas de sedimento de composição como essa registrada nesse relatório.

5.10 Biota Aquática - Rios e Lagos

5.10.1 Fitoplâncton

Nos ambientes estudados foram quantificados ao todo 53.760 org./mL, distribuídos em 170 taxa (Anexo V (I) e Gráfico 5.76). Vale ressaltar que a lista de algas planctônicas até o presente momento totaliza 373 taxa, devido ao estudo qualitativo, que possibilita o registro da ocorrência dos taxa, mas que não são quantificadas. Temporalmente foi registrado uma maior densidade e maior riqueza específica no mês de setembro (30.887 org./mL distribuídos em 115 taxa) (Anexo V (I)). Já espacialmente a maior densidade foi registrada no Trecho 1 (28.366 org./mL); e a maior riqueza no Trecho 4 com 125 taxa (Anexo V (I)).

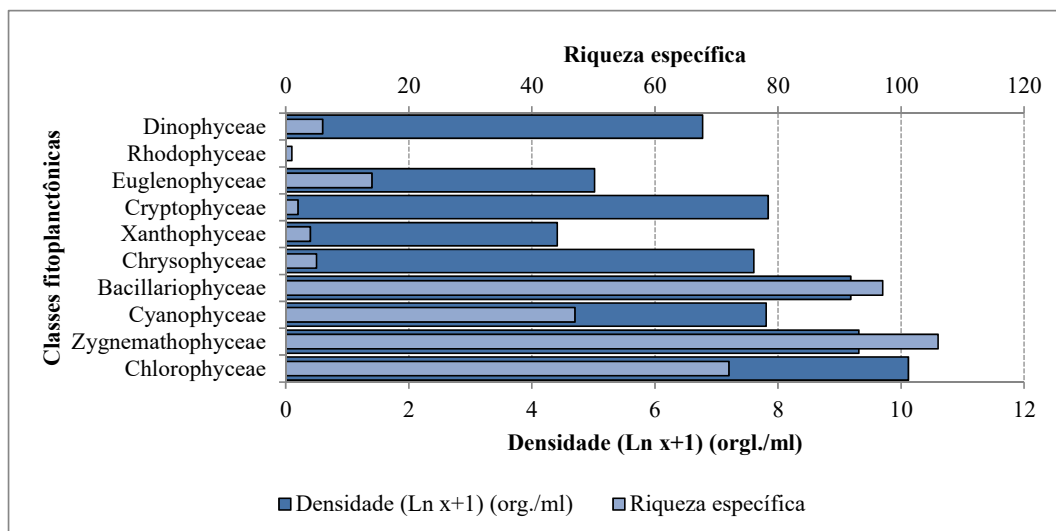
Gráfico 5.76: Composição de algas planctônicas nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Dentre as 10 classes de algas planctônicas registradas neste estudo Chlorophyceae foi a mais representativa numericamente, e Zygnemathophyceae a que apresentou a maior riqueza de espécies (Gráfico 5.77). As algas da classe Chlorophyceae (algas verdes) são comumente registradas como muito abundantes, pois além de apresentarem ciclos de vida curto, são espécies oportunistas, atingindo taxas de crescimento mais rápido quando a disponibilidade de nutrientes é adequada, devido à elevada razão superfície/volume o que resulta em eficiente absorção de nutrientes (HAPPEY-WOOD, 1988). Já a classe Zygnemathophyceae (desmídeas) constituem um grupo relevante nos ambientes aquáticos continentais, pela alta diversidade morfológica, riqueza específica e importância ecológica (BROOK, 1981; WEHR & SHEAT, 2003).

Gráfico 5.77: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes de algas planctônicas.

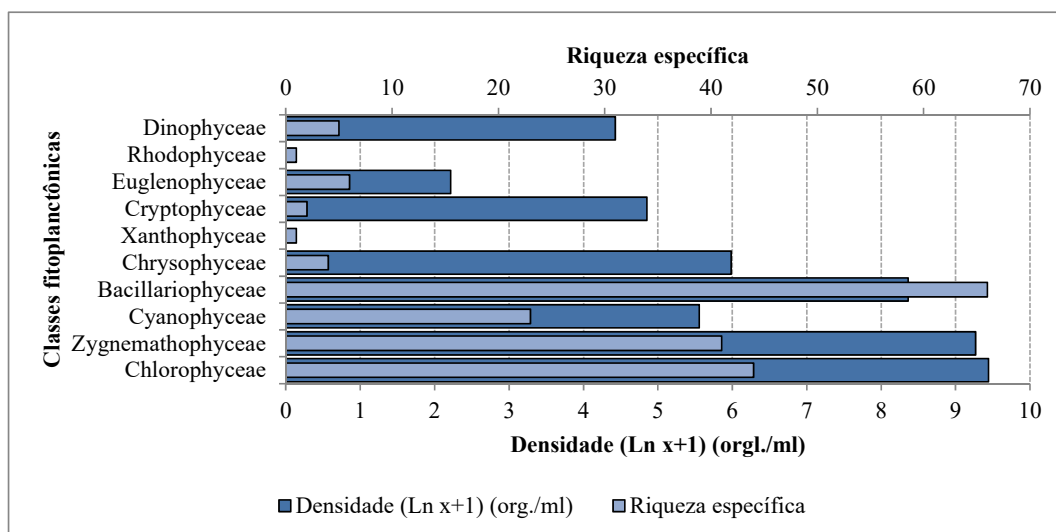


Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.10.1.1 Trecho 1

Nos ambientes abordados no Trecho 1 da área de estudo com amostragens realizadas em agosto, setembro e outubro de 2017, a classe Bacillariophyceae foi a que apresentou maior riqueza de espécies (66 *taxa*); e a classe Chlorophyceae a maior abundância (12.596 org./mL) (Gráfico 5.78).

Gráfico 5.78: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes fitoplantônicas encontradas no Trecho 1.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

A densidade das algas planctônicas variou de 20 org./mL (RGN 02 em agosto) a 11.829 org./mL (RVD 04 em setembro). A riqueza específica variou de 20 (RGN 02 em agosto) a 59

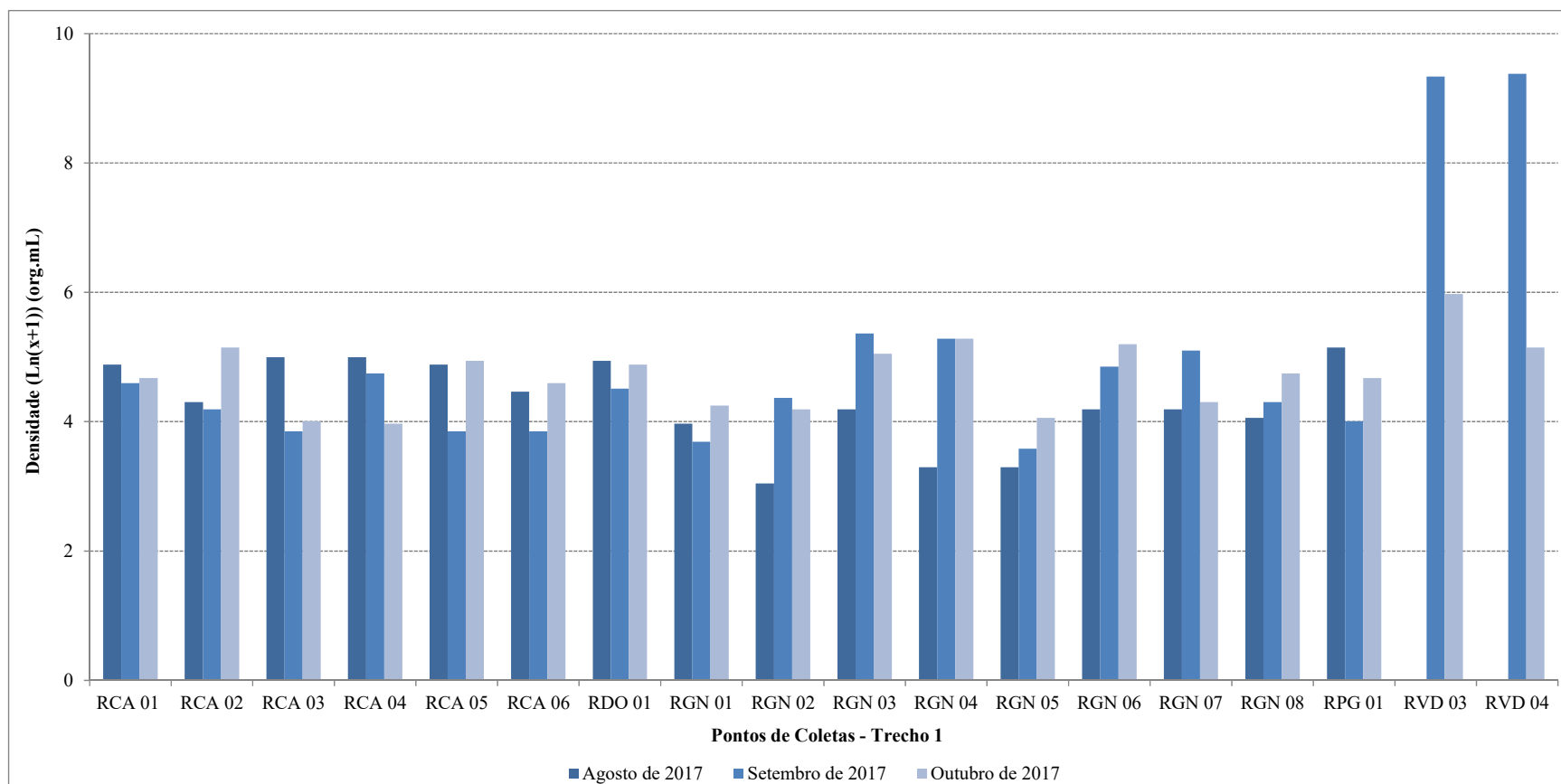
taxa (RVD 04 em setembro) (Gráfico 5.79). A equitabilidade de Pielou variou de 0,19 (RVD 04 em setembro) a 0,96 J' (RGN 05 em agosto) (Tabela 5.132 e Gráfico 5.80), a equitabilidade expressa a maneira pela qual o número de indivíduos está distribuído entre as diferentes espécies, isto é, indica se as diferentes espécies possuem densidades semelhantes ou divergentes, sendo assim quando as espécies se encontram homogeneamente distribuídas este índice tende a ser maior, se aproximando de um, e quando esta se encontra mais próxima de zero, indica uma possível dominância de uma ou poucas espécies. A diversidade de Shannon variou 0,26 (RVD 04 em setembro) a 2,69 H'log_e (RGN 04 em outubro) (Tabela 5.132 e Gráfico 5.82); e a dominância de Simpson de 0,10 (RVD 04 em setembro) a 0,92 1-Lambda' (RGN 04 em outubro) (Tabela 5.132 e Gráfico 5.83). Já a diversidade não está correlacionada à densidade de indivíduos na população, mas sim ao conjunto de espécies e o seu número de representantes. O índice de diversidade de Shannon baseia-se na teoria da informação (MAGURRAN, 2004) e fornece uma idéia do grau de incerteza em prever, a qual espécie pertenceria um indivíduo retirado aleatoriamente da população. Já o índice de Simpson, tem formulação derivada da teoria das probabilidades e utilizado em análises quantitativas de comunidades biológicas. Este índice fornece a idéia da probabilidade de se coletar aleatoriamente dois indivíduos da comunidade e, obrigatoriamente, pertencerem à espécies diferentes (MAGURRAN, 2004). Sendo assim maiores valores da diversidade de Shannon indicam uma maior diversidade na comunidade, por outro lado maiores valores de Simpson indicam uma dominância e uma menor diversidade. O ponto RGN 02 de agosto apresentou os menores valores de densidade e riqueza de espécies; enquanto o ponto RVD 04 no mês de outubro apresentou maior riqueza, porém, menores valores de equitabilidade, Shannon e Simpson.

Tabela 5.132: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas nos pontos de coletas do Trecho 1 durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
RCA 01	0,84	0,84	0,93	1,75	2,16	2,13	0,76	0,83	0,87
RCA 02	0,95	0,87	0,93	2,27	1,69	1,93	0,89	0,79	0,84
RCA 03	0,95	0,91	0,93	2,09	2,00	2,14	0,87	0,86	0,88
RCA 04	0,94	0,91	0,96	1,96	2,09	2,38	0,85	0,86	0,92
RCA 05	0,94	0,92	0,81	2,07	2,02	1,69	0,87	0,86	0,74
RCA 06	0,93	0,96	0,89	2,24	2,20	2,22	0,89	0,90	0,87
RDO 01	0,93	0,89	0,93	2,15	1,96	2,05	0,87	0,84	0,86
RGN 01	0,92	0,84	0,95	2,20	1,75	2,36	0,88	0,78	0,91
RGN 02	0,88	0,67	0,95	1,71	1,08	2,08	0,82	0,56	0,87
RGN 03	0,91	0,58	0,89	1,64	1,20	2,06	0,79	0,51	0,84
RGN 04	0,83	0,69	0,95	1,49	0,96	2,69	0,75	0,51	0,92
RGN 05	0,96	0,88	0,92	1,72	1,93	2,29	0,84	0,83	0,90
RGN 06	0,67	0,59	0,91	0,74	1,22	2,26	0,41	0,53	0,88
RGN 07	0,91	0,93	0,88	1,64	2,39	2,11	0,79	0,89	0,84
RGN 08	0,94	0,94	0,95	2,24	2,25	2,56	0,90	0,89	0,92
RPG 01	0,91	0,94	0,90	2,17	2,42	2,16	0,87	0,91	0,87
RVD 03	-	0,28	0,70	-	0,54	1,45	-	0,22	0,68
RVD 04	-	0,19	0,92	-	0,26	2,11	-	0,11	0,86

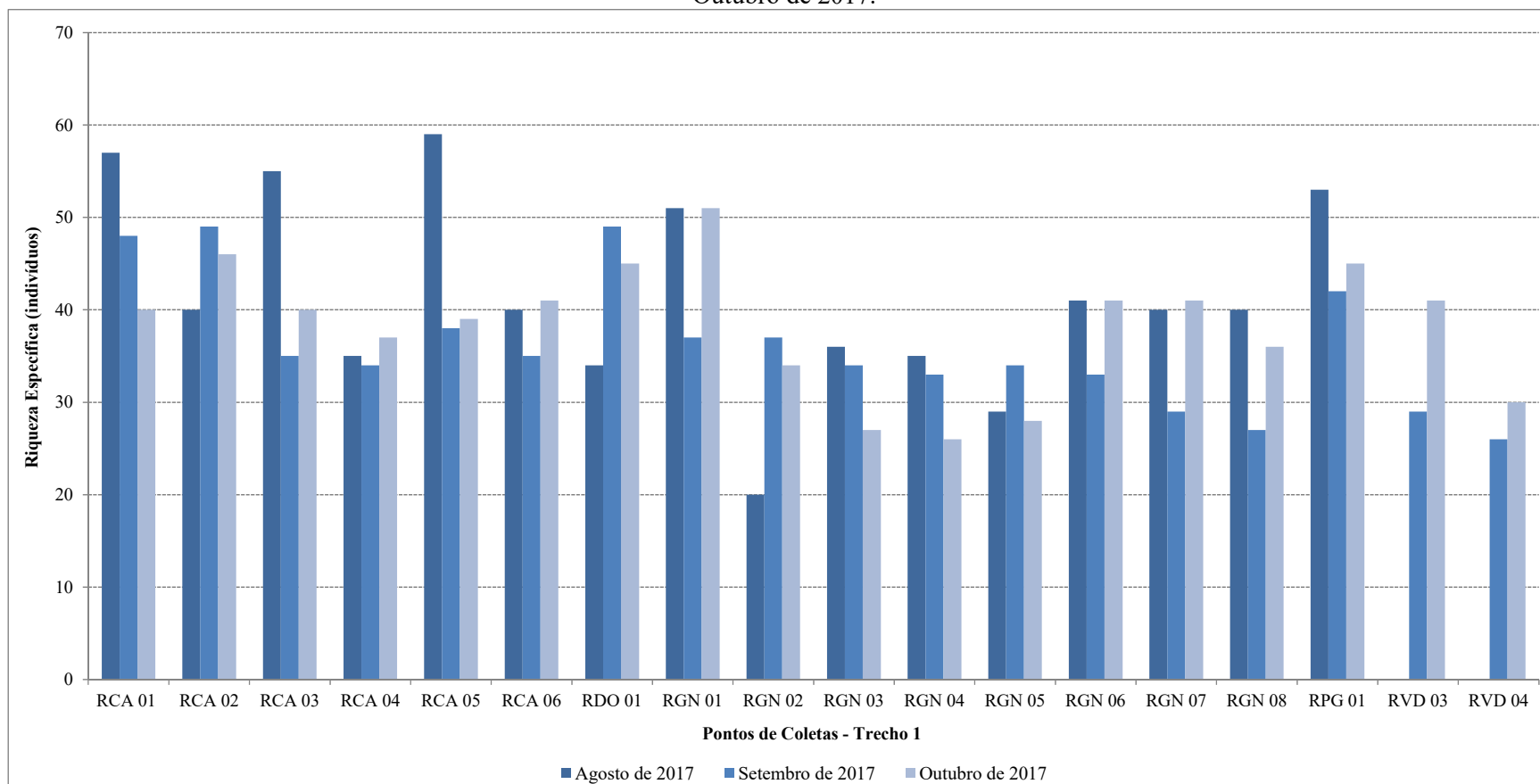
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.79: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



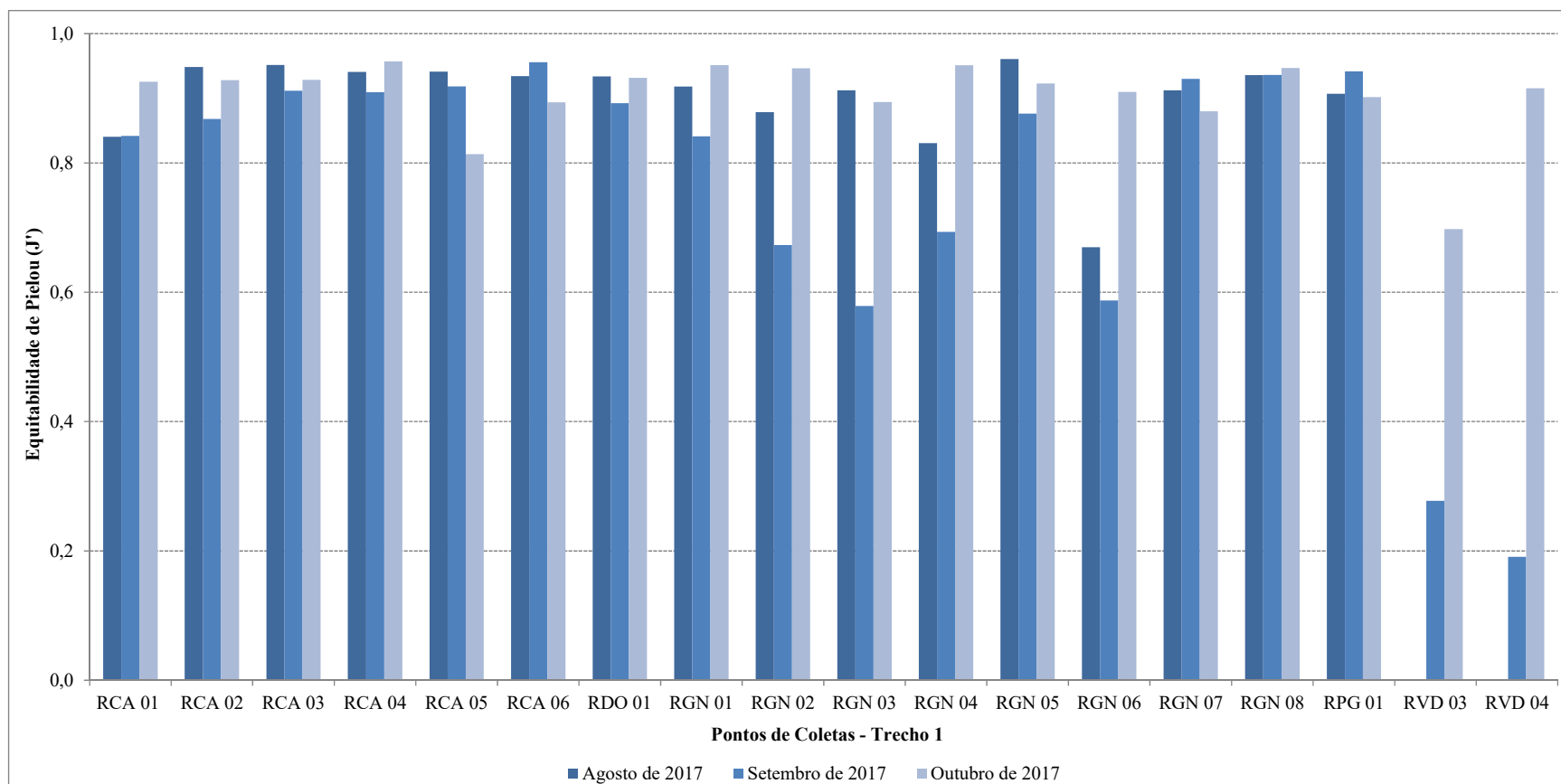
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.80: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



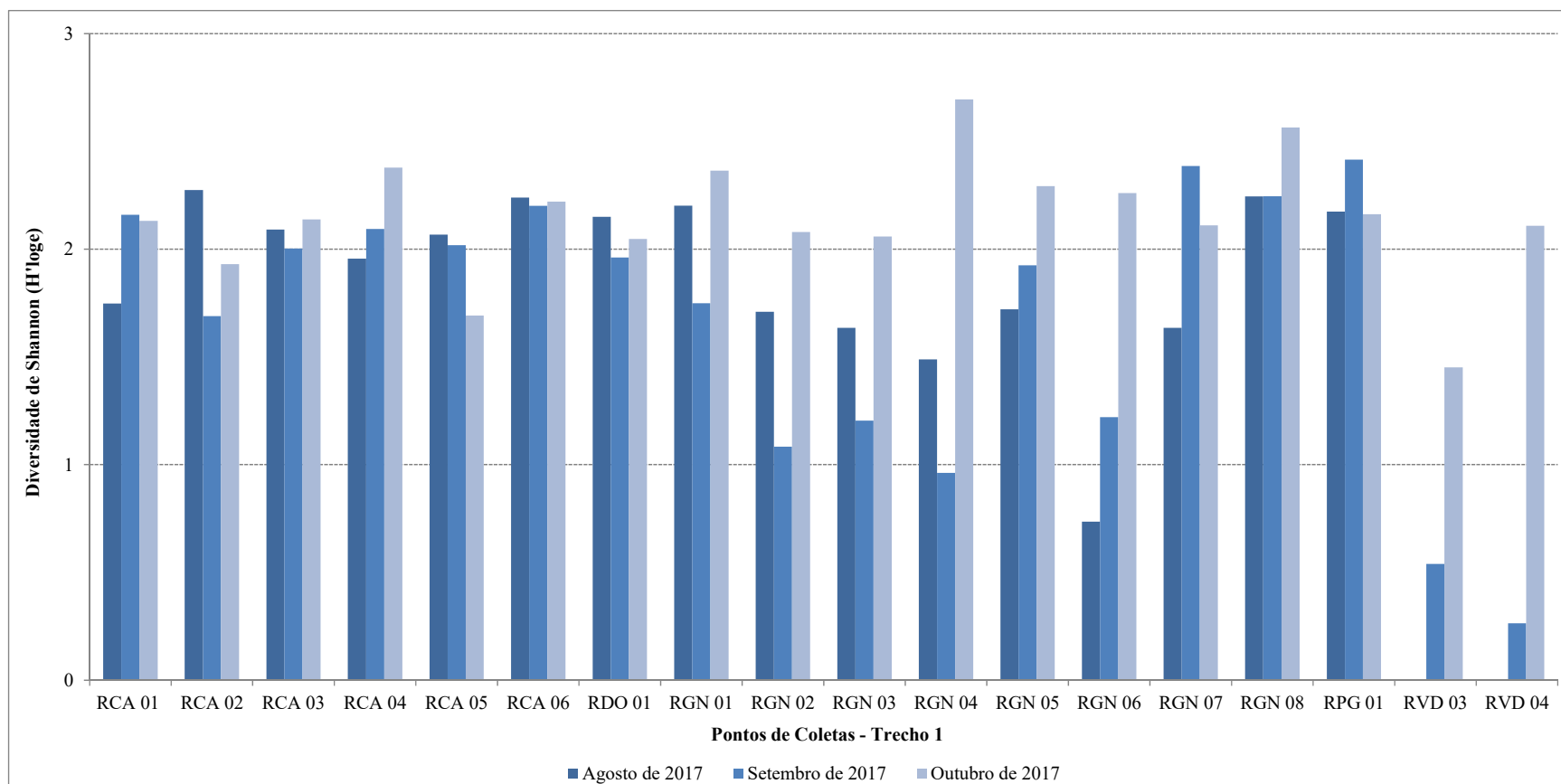
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.81: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



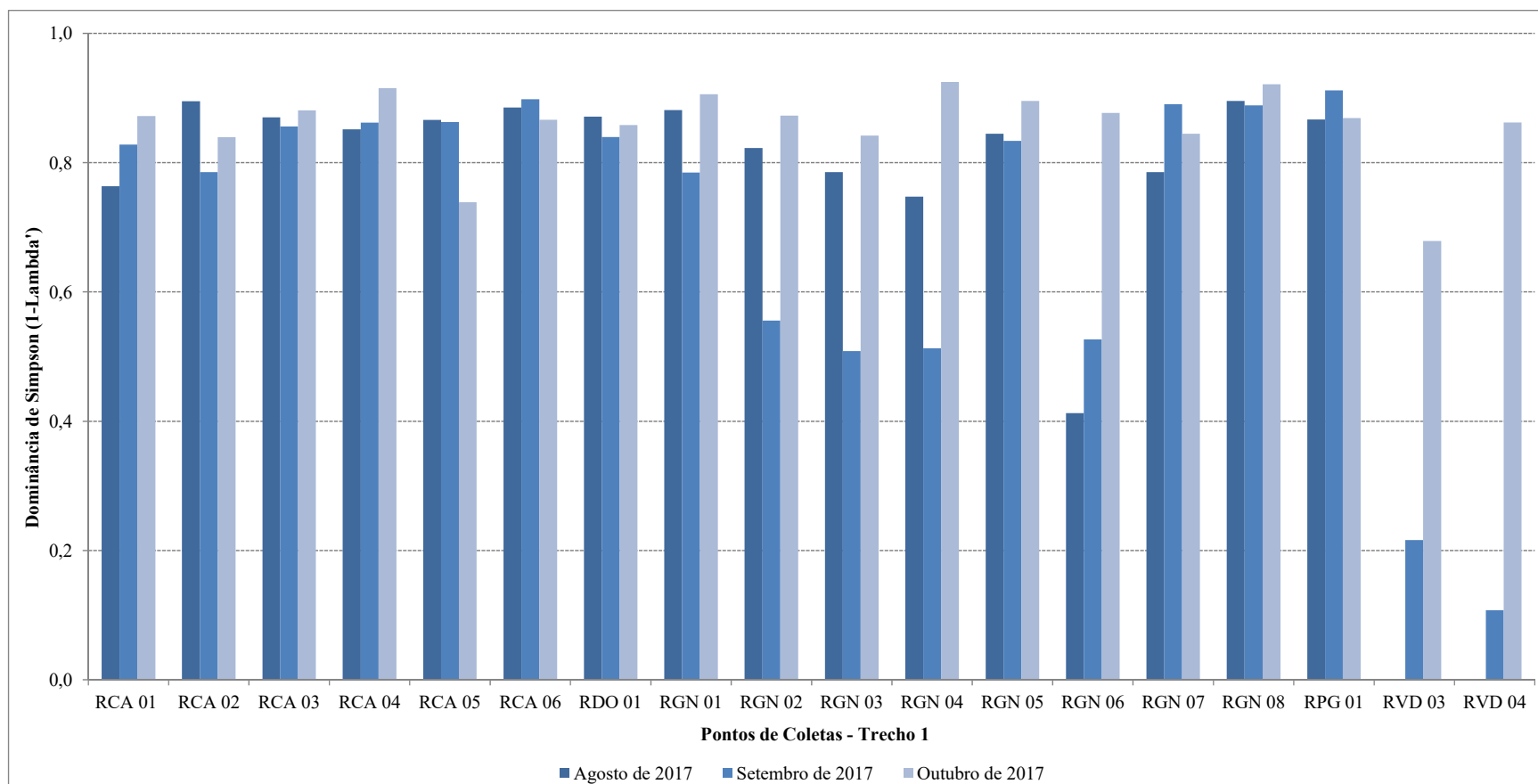
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.82: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.83: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 1, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

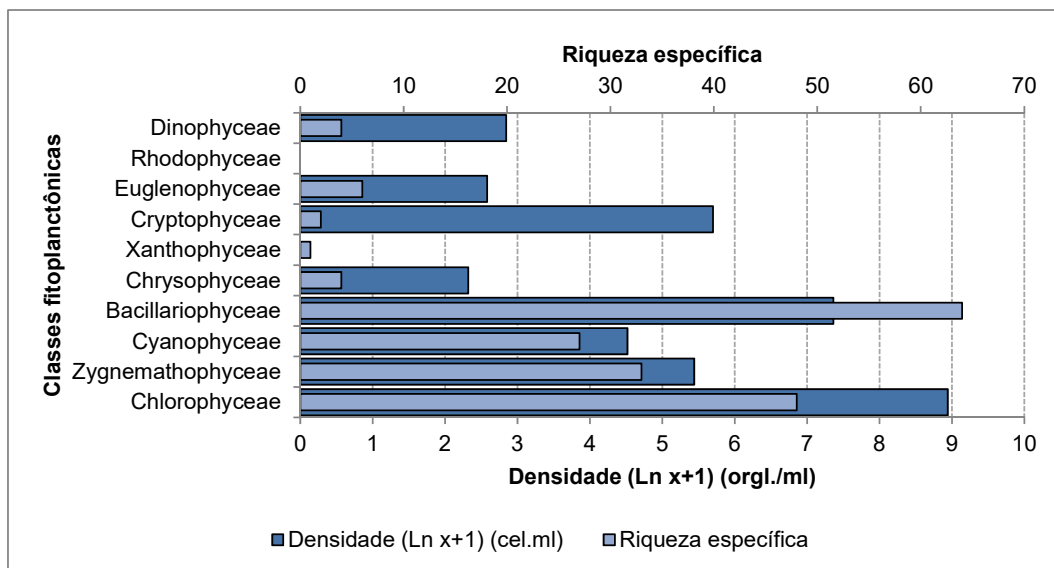


Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.10.1.2 Trecho 2

No Trecho 2, assim como no Trecho 1, as clorofíceas foram as mais abundantes, e as bacilariofíceas as que apresentaram maior riqueza de espécies (Gráfico 5.84).

Gráfico 5.84: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes fitoplanctônicas encontradas no Trecho 2.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

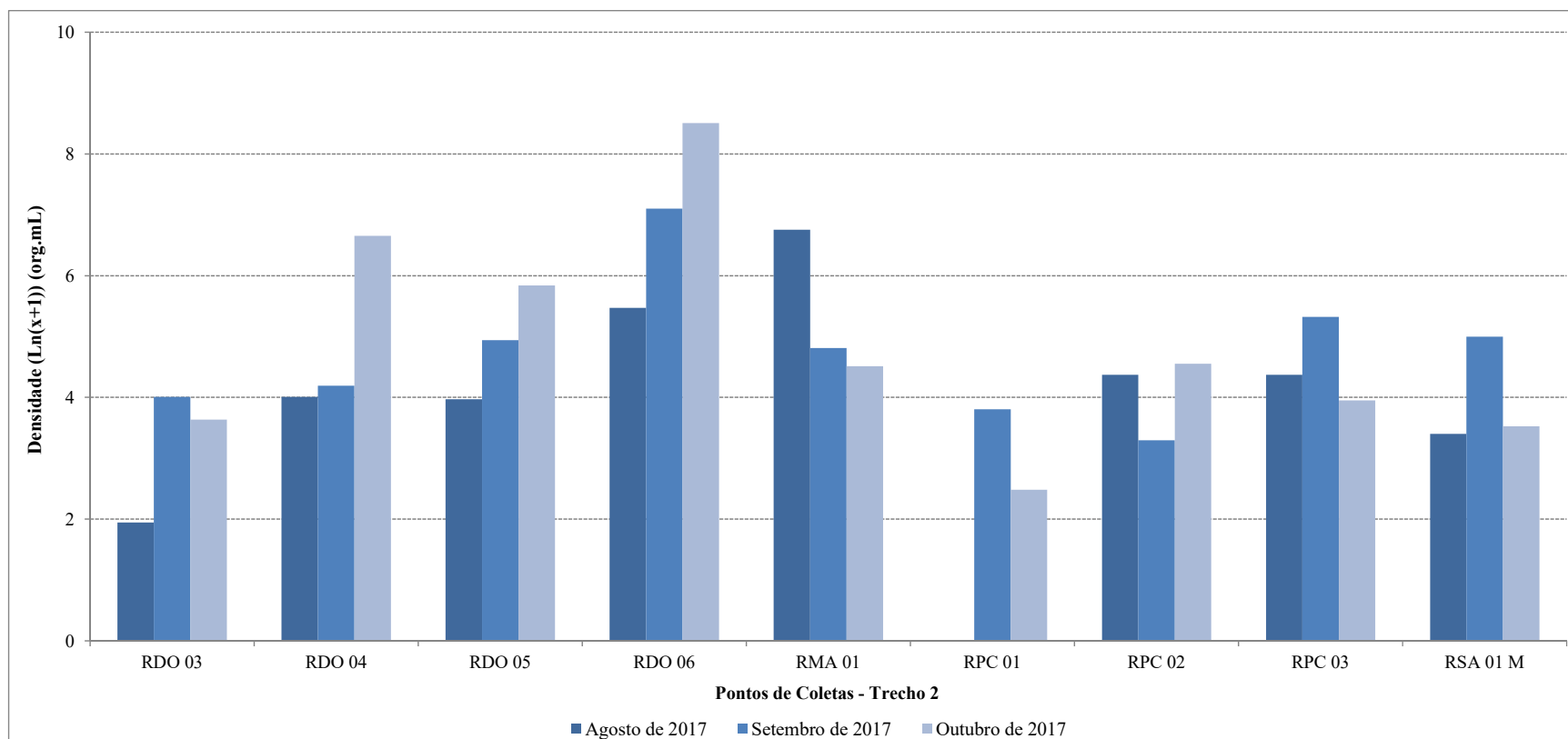
No total, a densidade variou de 6,12 (RDO 03 em agosto) a 4.949 org./mL (RDO 06 em outubro) (Gráfico 5.85); enquanto que a riqueza específica foi de 22 (RDO 03 em setembro) a 67 taxa (RMA 01 em outubro) (Tabela 5.133 e Gráfico 5.86). A equitabilidade variou de 0,54 (RDO 06 em setembro) a 0,97 J' (RDO 04 em setembro) (Tabela 5.133 e Gráfico 5.87). A diversidade de Shannon variou 1,22 (RDO 06 em outubro) a 2,43 H'log_e (RPC 02 em agosto); e por fim, a dominância de Simpson variou de 0,56 (RDO 05 em outubro) a 0,96 1-Lambda' (RPC 01 em outubro) (Tabela 5.133 e Gráfico 5.88).

Tabela 5.133: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas nos pontos de coletas do Trecho 2 durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
RDO 03	0,90	0,76	0,94	1,24	1,23	2,26	0,80	0,61	0,91
RDO 04	0,95	0,97	0,68	2,28	1,90	1,56	0,90	0,86	0,70
RDO 05	0,93	0,95	0,59	2,30	2,09	1,36	0,89	0,87	0,57
RDO 06	0,89	0,54	0,56	2,22	1,25	1,22	0,87	0,62	0,57
RMA 01	0,61	0,94	0,92	1,78	2,15	1,65	0,70	0,87	0,80
RPC 01	-	0,93	0,98	-	2,22	2,15	-	0,89	0,96
RPC 02	0,95	0,88	0,92	2,43	1,84	2,28	0,91	0,84	0,89
RPC 03	0,87	0,94	0,72	1,91	2,25	1,29	0,83	0,88	0,65
RSA 01 M	0,92	0,98	0,92	2,03	1,90	1,65	0,88	0,85	0,81

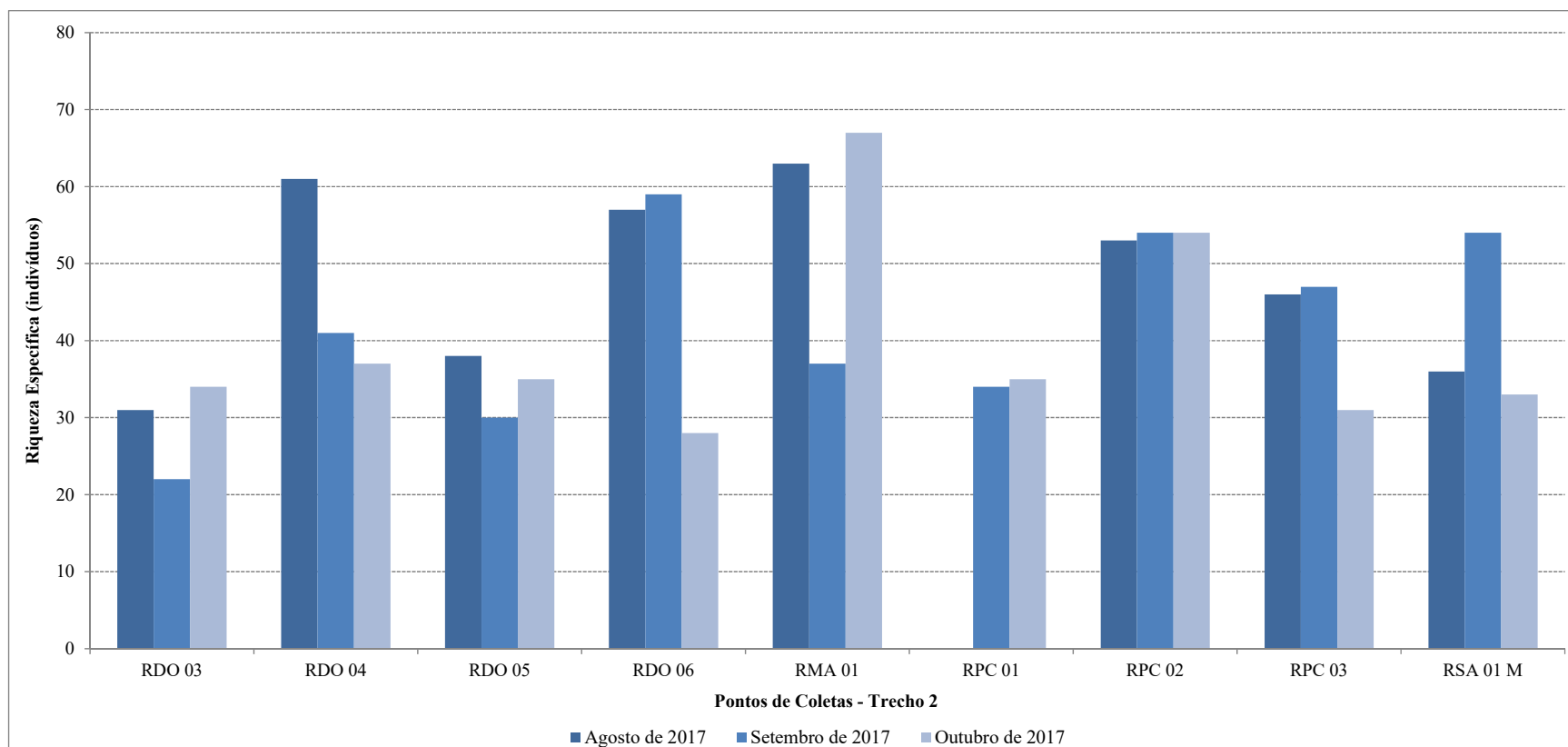
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.85: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



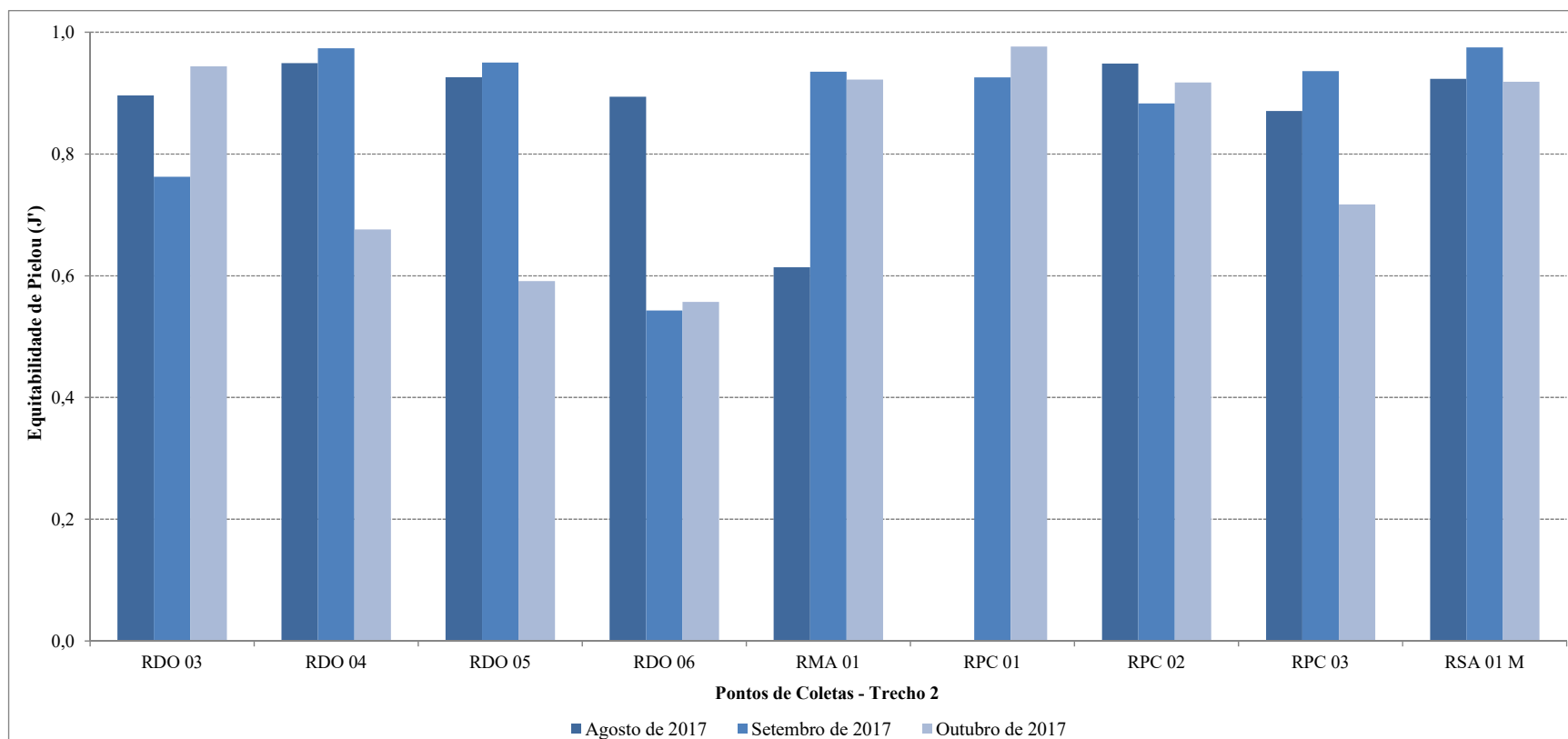
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.86: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



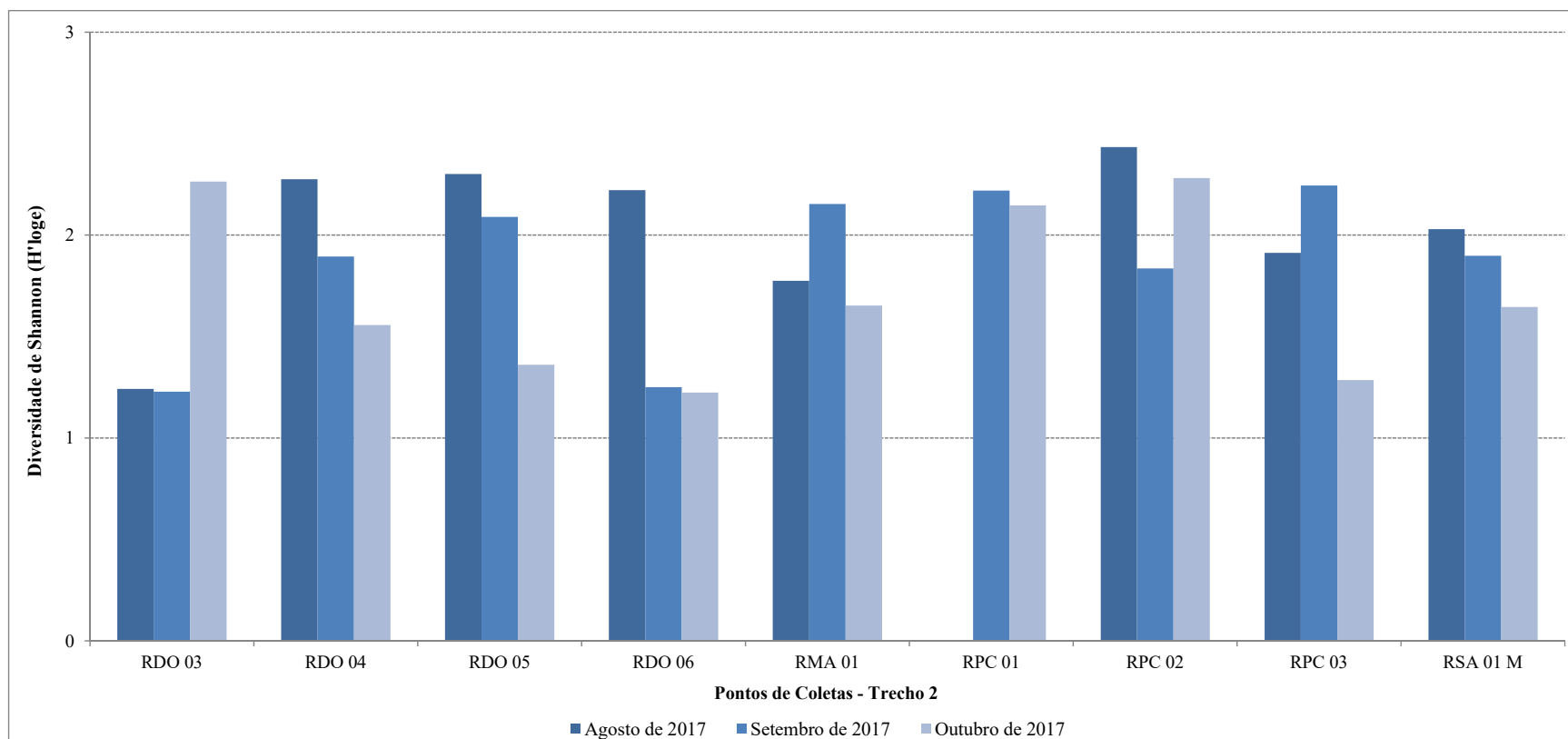
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.87: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



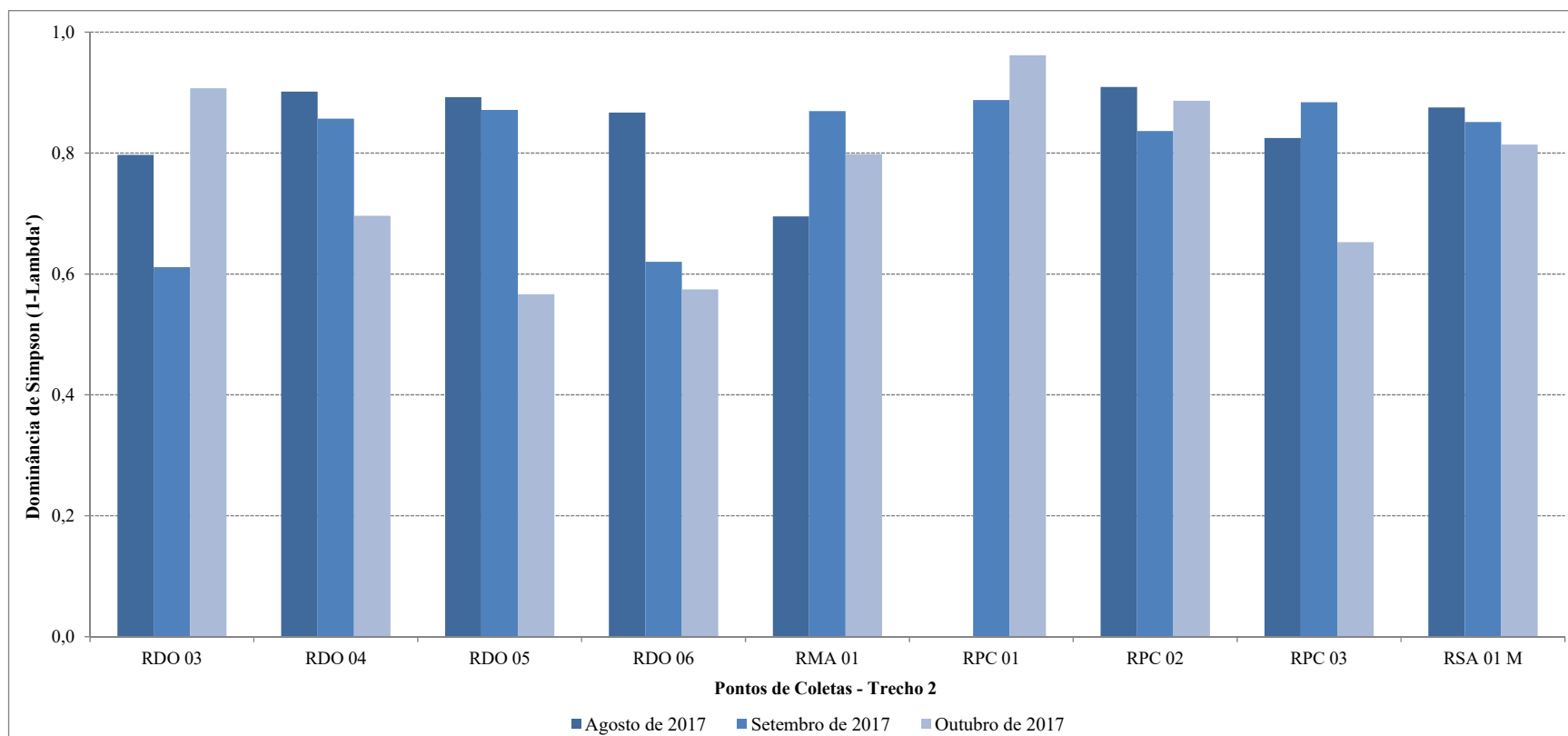
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.88: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.89: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 2, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

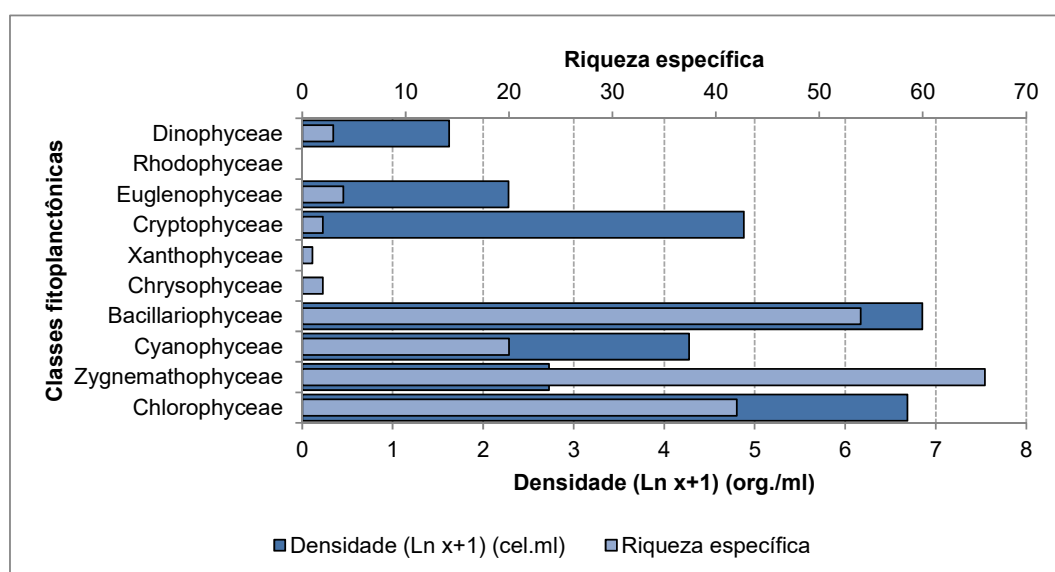


Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.10.1.3 Trecho 3

Neste trecho, a classe Bacillariophyceae foi a que apresentou maior densidade (445 org./mL), enquanto que para a riqueza de espécies destacou-se a classe Zygnemathophyceae, com 66 taxa, apontando uma leve diferença do padrão encontrado para os trechos anteriores (Gráfico 5.90).

Gráfico 5.90: Densidade (barras escuras) e riqueza de espécies (barras claras) por classes fitoplanctônicas encontradas no Trecho 3.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

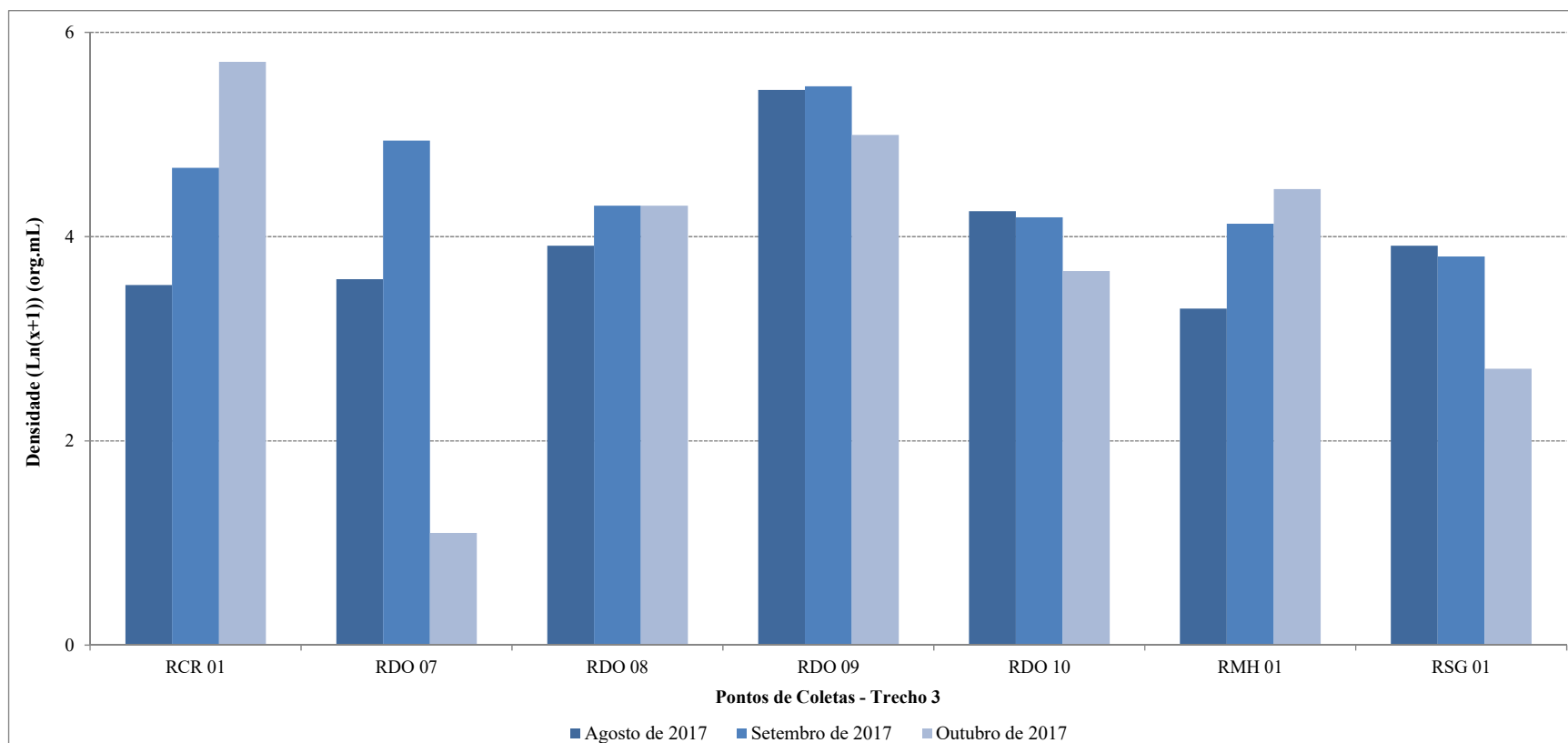
A densidade variou de 2 (RDO 07 em outubro) a 302 org./mL (RCR 01 em outubro), enquanto que a riqueza variou de 17 (RDO 09 em outubro) a 57 taxa (RCR 01 em outubro). Os valores com maior destaque tanto de densidade quanto de riqueza neste trecho se deram na campanha de outubro, e ainda o ponto RCR 01 teve os maiores valores de ambos atributos. A equitabilidade variou de 0,5 (RDO 08 em setembro) a 1 (RDO 07 em outubro). A diversidade de Shannon variou de 0,55 (RDO 08 em setembro) a 2,36 (RCR 01 em setembro) e Simpson de 0,29 (RDO 08 em setembro) a 0,9 (RCR 01 em setembro) (Tabela 5.134).

Tabela 5.134: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas nos pontos de coletas do Trecho 3 durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
RCR 01	0,94	0,85	0,90	2,25	1,87	2,37	0,90	0,81	0,89
RDO 07	0,85	0,96	1,00	1,87	2,31	1,10	0,81	0,90	0,80
RDO 08	0,90	0,51	0,90	1,75	0,56	1,74	0,82	0,29	0,81
RDO 09	0,59	0,54	0,82	0,94	1,12	1,71	0,46	0,47	0,75
RDO 10	0,85	0,87	0,91	1,64	2,01	1,63	0,77	0,83	0,80
RMH 01	0,95	0,83	0,81	1,98	1,63	1,67	0,89	0,77	0,76
RSG 01	0,90	0,89	0,91	2,06	1,84	1,77	0,85	0,82	0,86

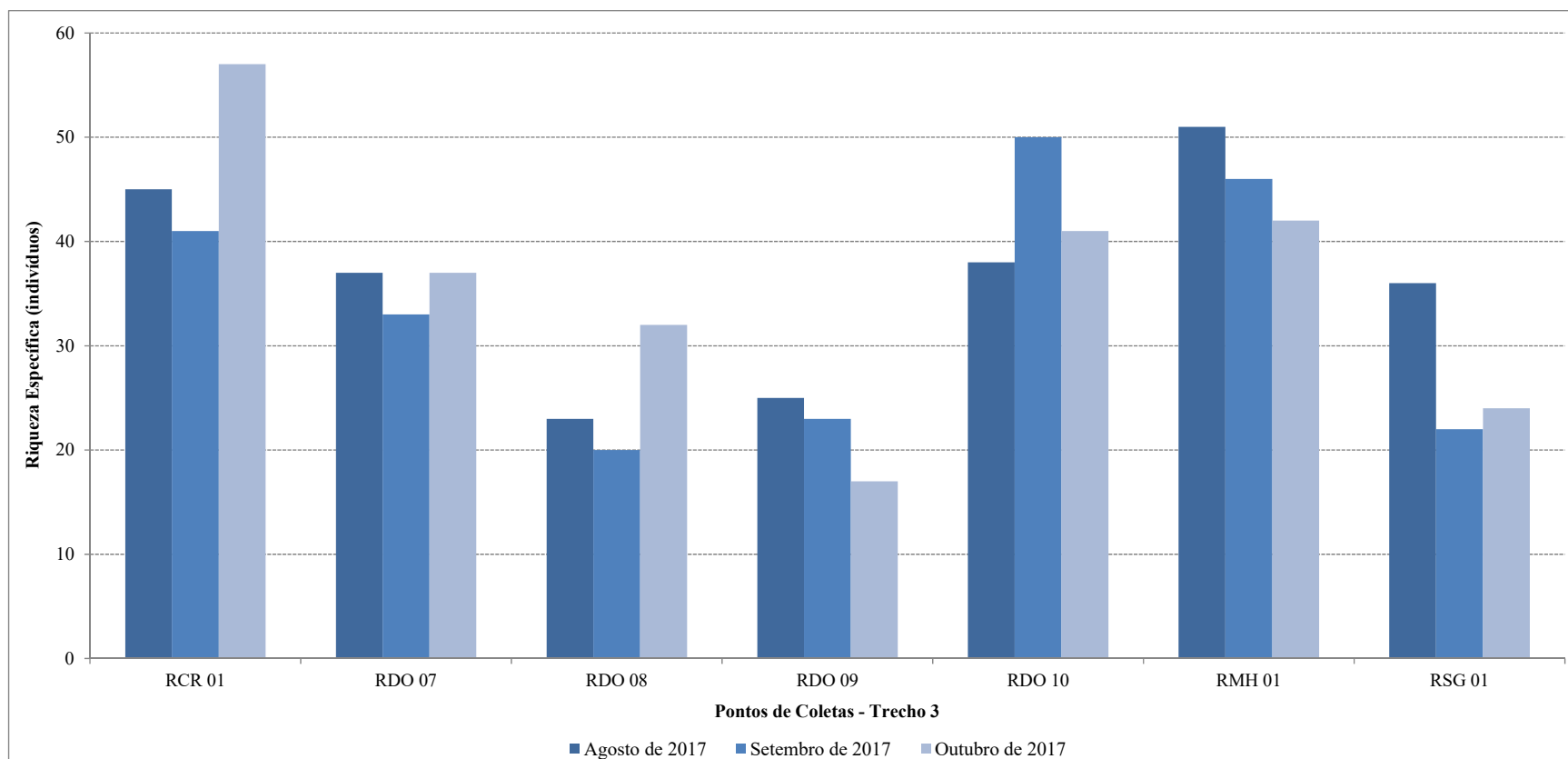
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.91: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



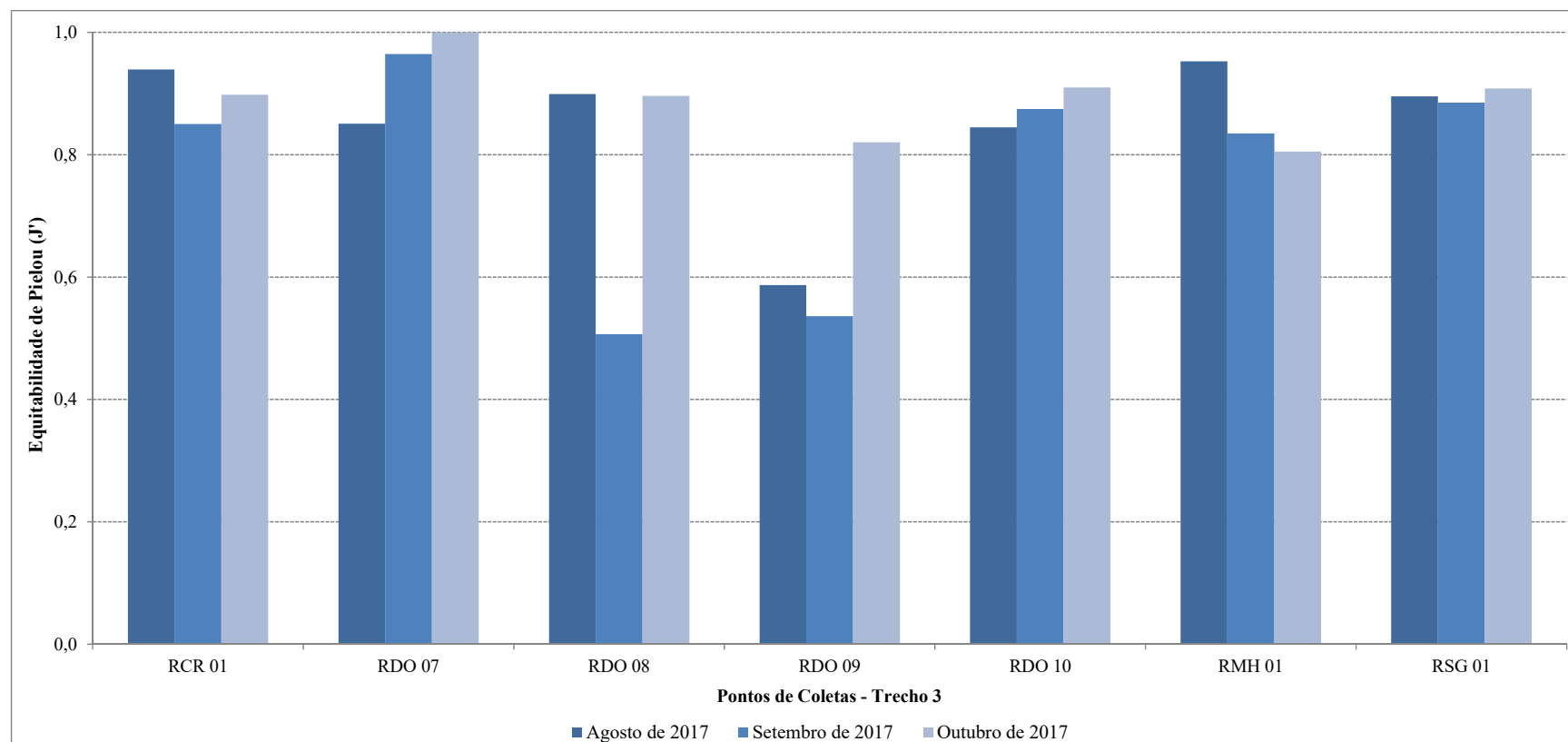
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.92: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



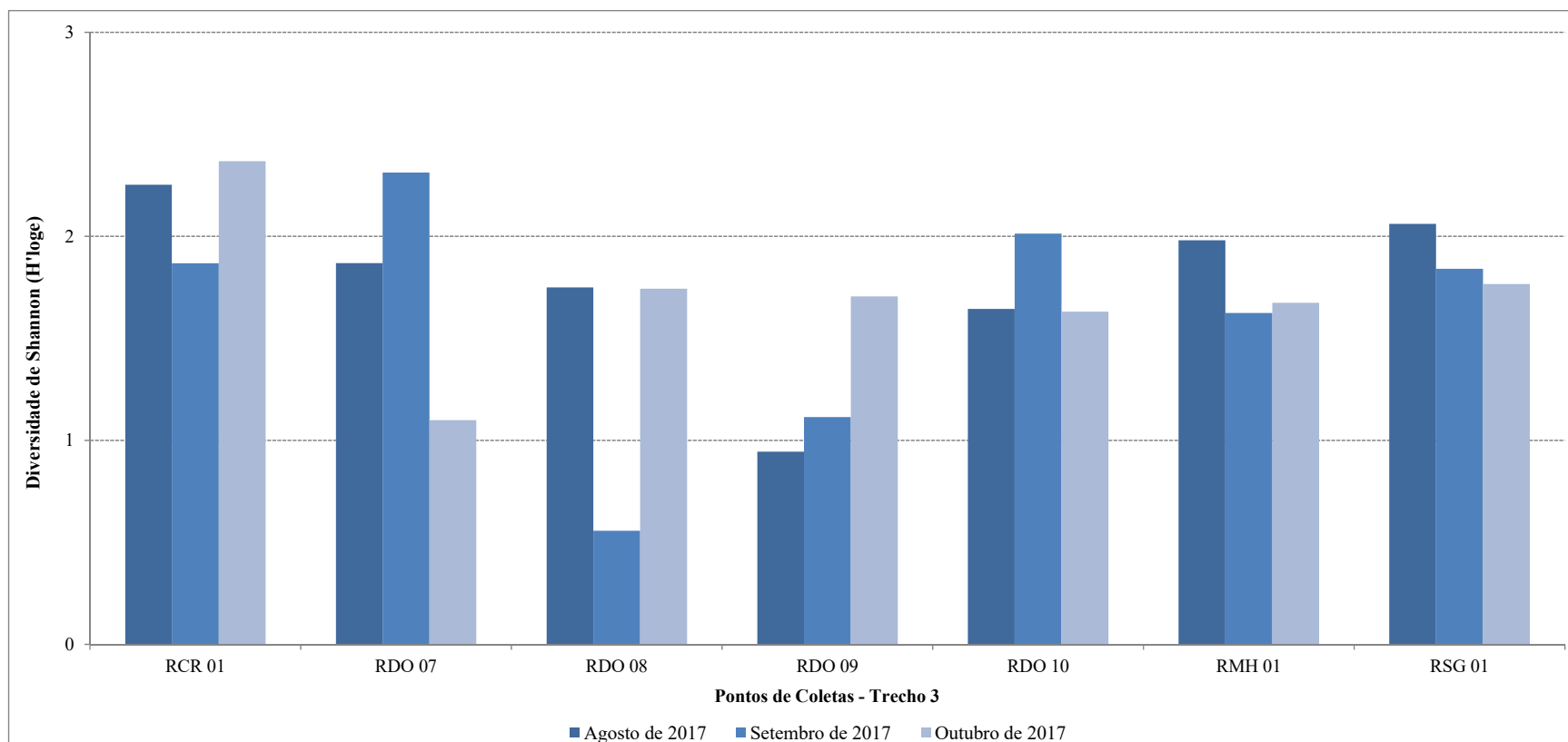
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.93: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



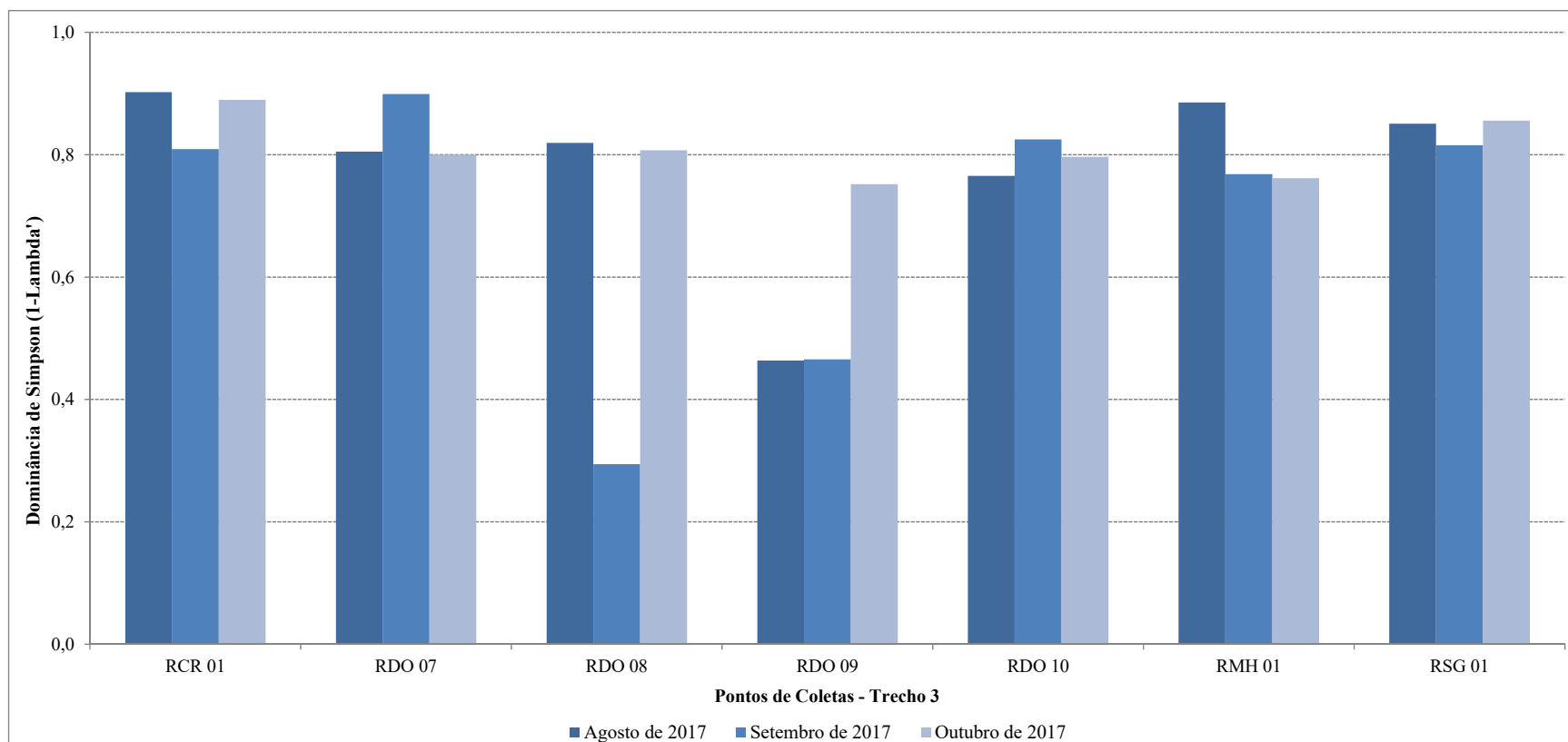
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.94: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.95: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 3, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.10.1.4 Trecho 4

Neste trecho, composto por 14 pontos de coletas localizados em ambientes lênticos, e sete em ambientes lóticos, as clorofíceas foram as que apresentaram maior densidade (3.795 org./mL), enquanto que as bacilariofíceas foram as com maior riqueza de espécies (77 taxa) (Gráfico 5.97). A densidade variou de 1 (LAL 01 em outubro) a 1306,24 org./mL (LLM 03 em agosto) (Gráfico 5.96), enquanto que a maior riqueza de espécies foi encontrado no ponto LMN 03, com 68 taxa, e o menor no LJP 03 (14 taxa), ambos em setembro (Gráfico 5.97). A equitabilidade variou de 0,46 (LMN 02 em setembro) a 0,97 J' (LAO 02 em setembro) (Tabela 5.135 e Gráfico 5.98). A diversidade de Shannon variou de 0 (LAL 01 em setembro) a 2,73 H'log_e (LNV 02 em agosto) (Tabela 5.135 e Gráfico 5.99); e a de Simpson de 0 (LAL 01 em setembro) a 0,96 1-Lambda' (LAO 02 setembro) (Tabela 5.135 e Gráfico 5.100).

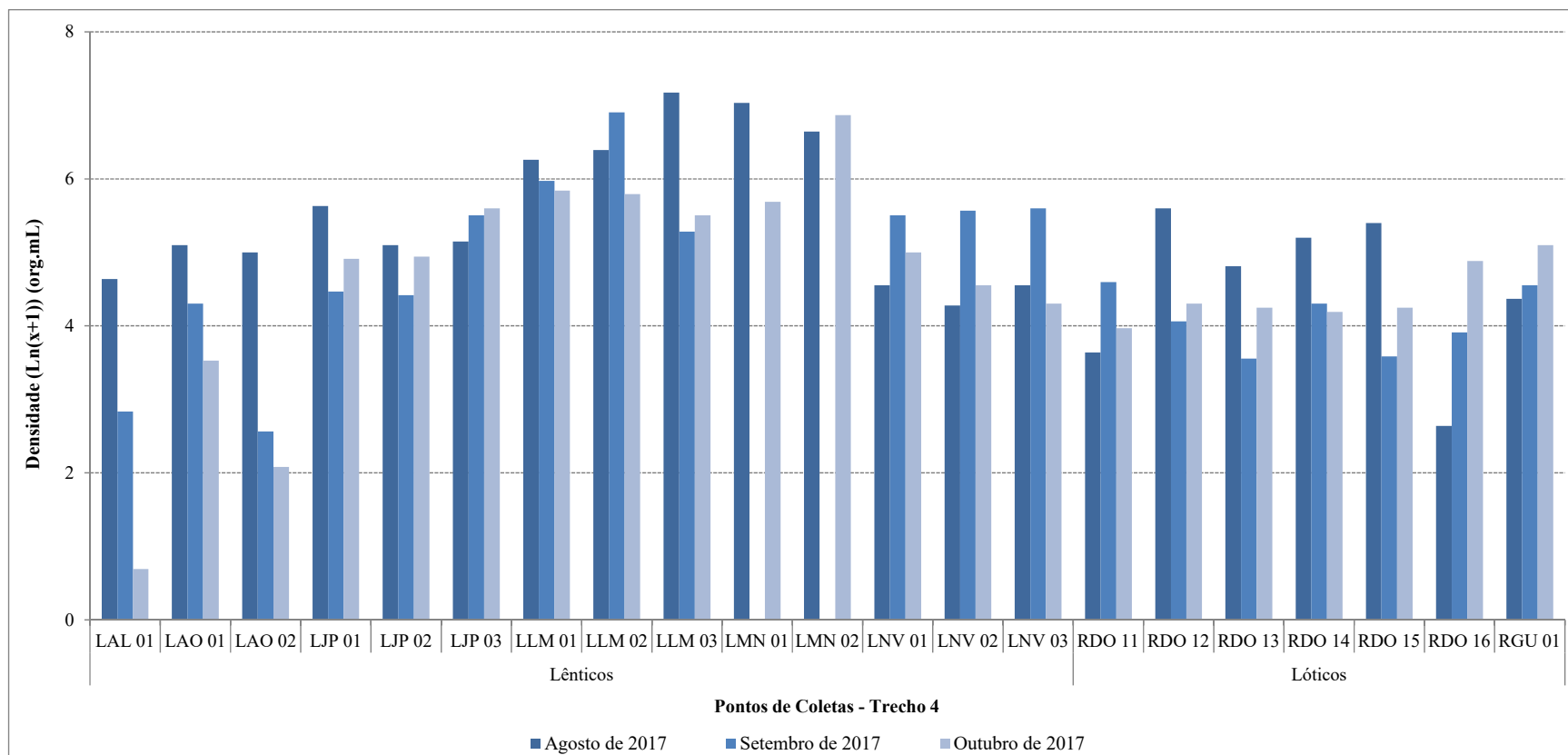
Os maiores resultados neste trecho, no geral, foram registrados nos ambientes lênticos, já que esses ambientes apresentam maior estabilidade da coluna d'água favorecendo um maior estabelecimento de organismos planctônicos. Já os ambientes lóticos apresentam um tempo de resistência da água reduzido, velocidade de corrente constante, e aporte de sedimentos resultando elevadas concentrações de material particulado em suspensão, afetando diretamente a intensidade luminosa sob a comunidade aquática, e com isso influenciando a produção primária na coluna d'água (DESCY, 1987).

Tabela 5.135: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas nos pontos de coletas do Trecho 4 durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017

Pontos de Coletas	Ambientes	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
		2017								
		Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
LAL 01	Lênticos	0,48	0,91	-	0,77	2,01	0,00	0,35	0,89	0,00
LAO 01		0,81	0,86	0,79	1,69	1,54	1,73	0,76	0,76	0,74
LAO 02		0,83	0,98	0,92	1,61	2,25	1,28	0,75	0,97	0,81
LJP 01		0,75	0,96	0,80	1,73	1,86	1,66	0,73	0,84	0,75
LJP 02		0,84	0,92	0,79	1,93	2,21	1,73	0,79	0,88	0,77
LJP 03		0,70	0,77	0,67	1,26	1,23	1,21	0,59	0,65	0,57
LLM 01		0,75	0,90	0,77	1,92	2,54	2,08	0,79	0,90	0,78
LLM 02		0,64	0,46	0,72	1,59	1,15	1,66	0,66	0,54	0,69
LLM 03		0,59	0,85	0,83	1,88	2,12	2,12	0,65	0,82	0,84
LMN 01		0,53	-	0,66	1,23	-	1,51	0,54	-	0,68
LMN 02		0,71	-	0,72	1,48	-	1,66	0,71	-	0,74
LVN 01		0,94	0,78	0,97	2,48	2,01	2,48	0,91	0,78	0,91
LVN 02		0,97	0,51	0,81	2,74	1,00	1,93	0,94	0,43	0,78
LVN 03		0,93	0,82	0,92	2,22	2,17	2,01	0,89	0,82	0,86
RDO 11	Lóticos	0,83	0,91	0,73	1,74	2,19	1,31	0,77	0,87	0,63
RDO 12		0,68	0,72	0,64	0,94	1,40	0,88	0,51	0,65	0,46
RDO 13		0,77	0,85	0,72	1,60	2,03	1,40	0,69	0,83	0,63
RDO 14		0,68	0,84	0,93	1,22	1,75	1,80	0,57	0,80	0,83
RDO 15		0,74	0,76	0,91	1,32	1,59	2,00	0,64	0,71	0,85
RDO 16		0,97	0,89	0,91	2,14	1,73	1,99	0,95	0,81	0,84
RGU 01		0,94	0,84	0,90	2,25	1,85	2,08	0,89	0,79	0,86

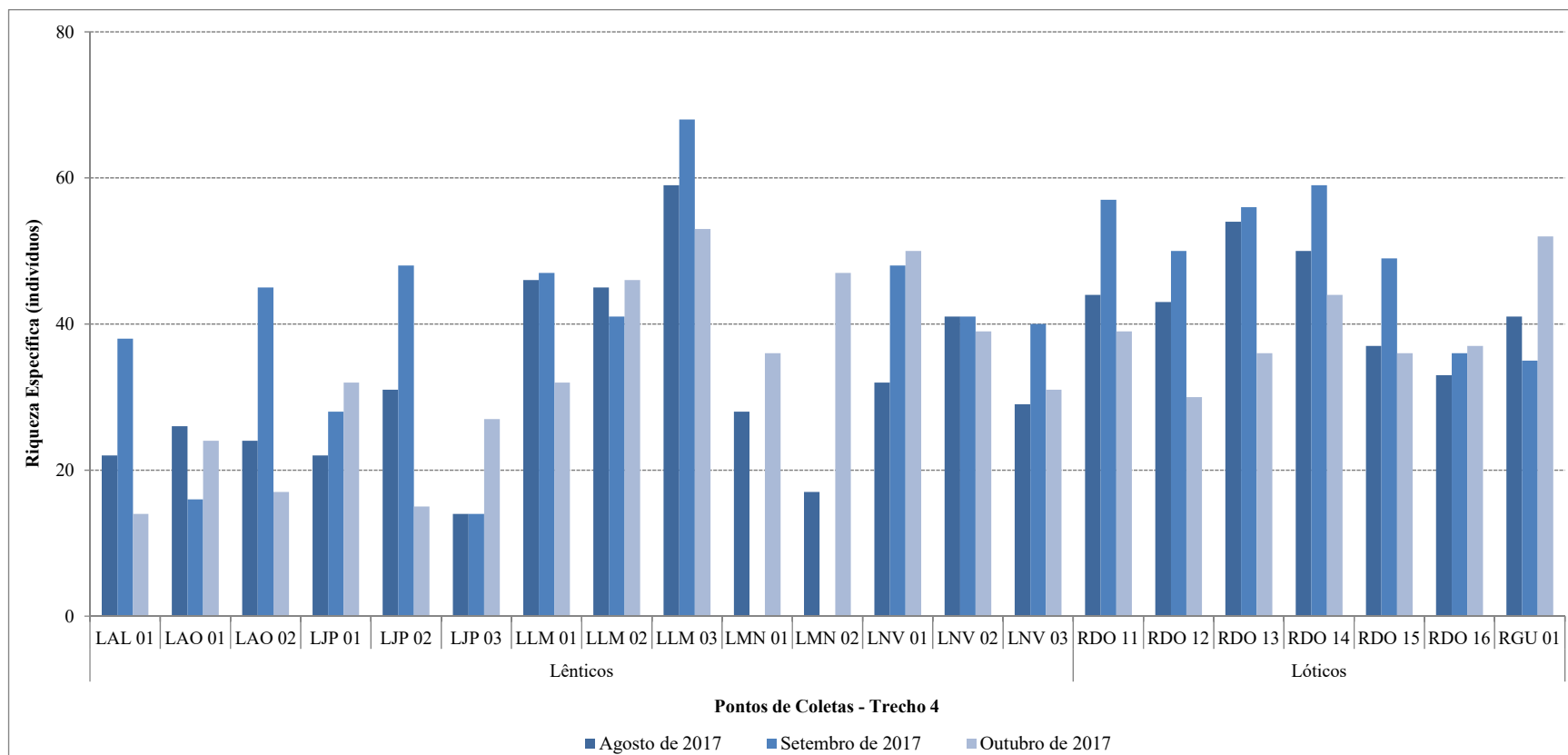
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.96: Variação da Densidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



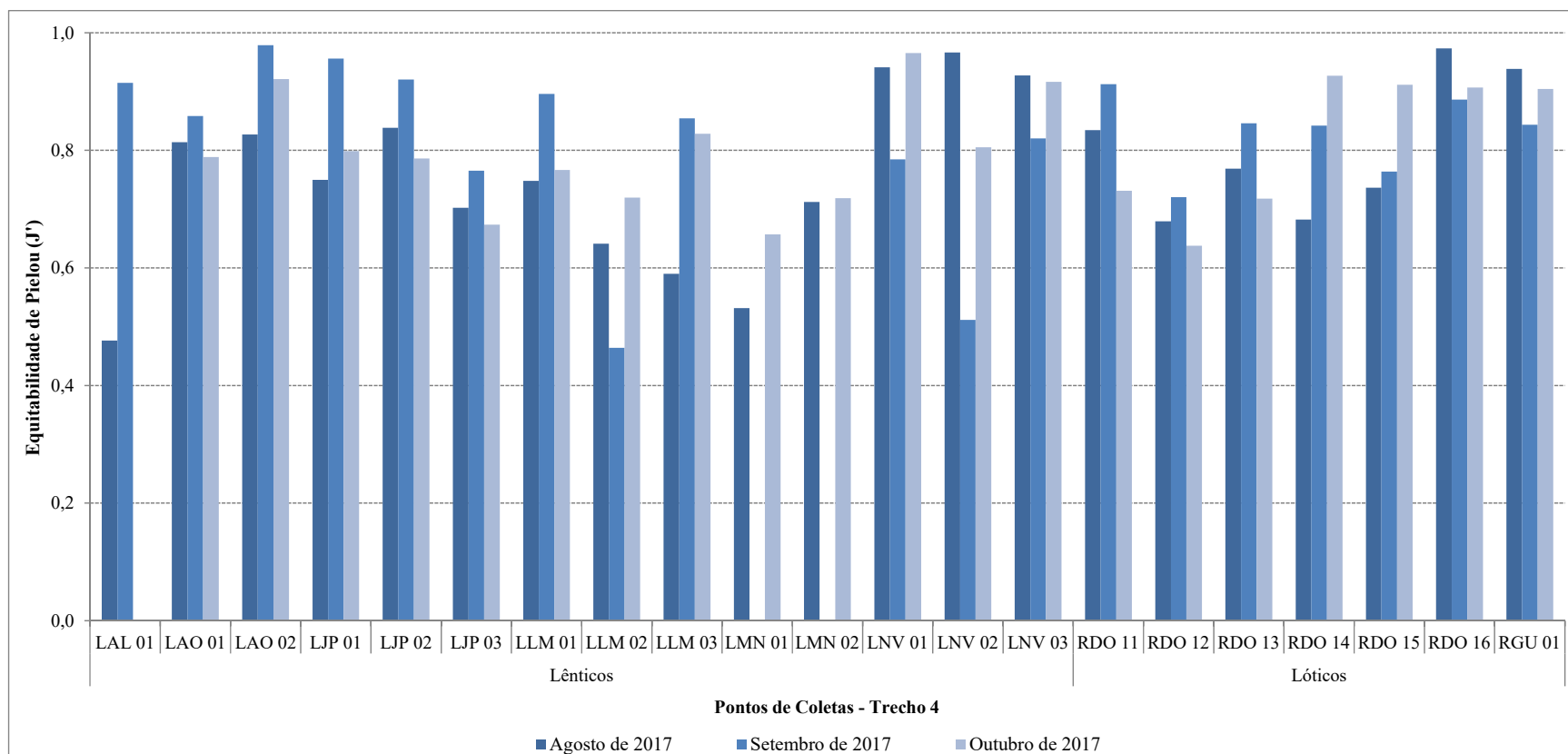
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.97: Variação da Riqueza de espécies fitoplanctônicas encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



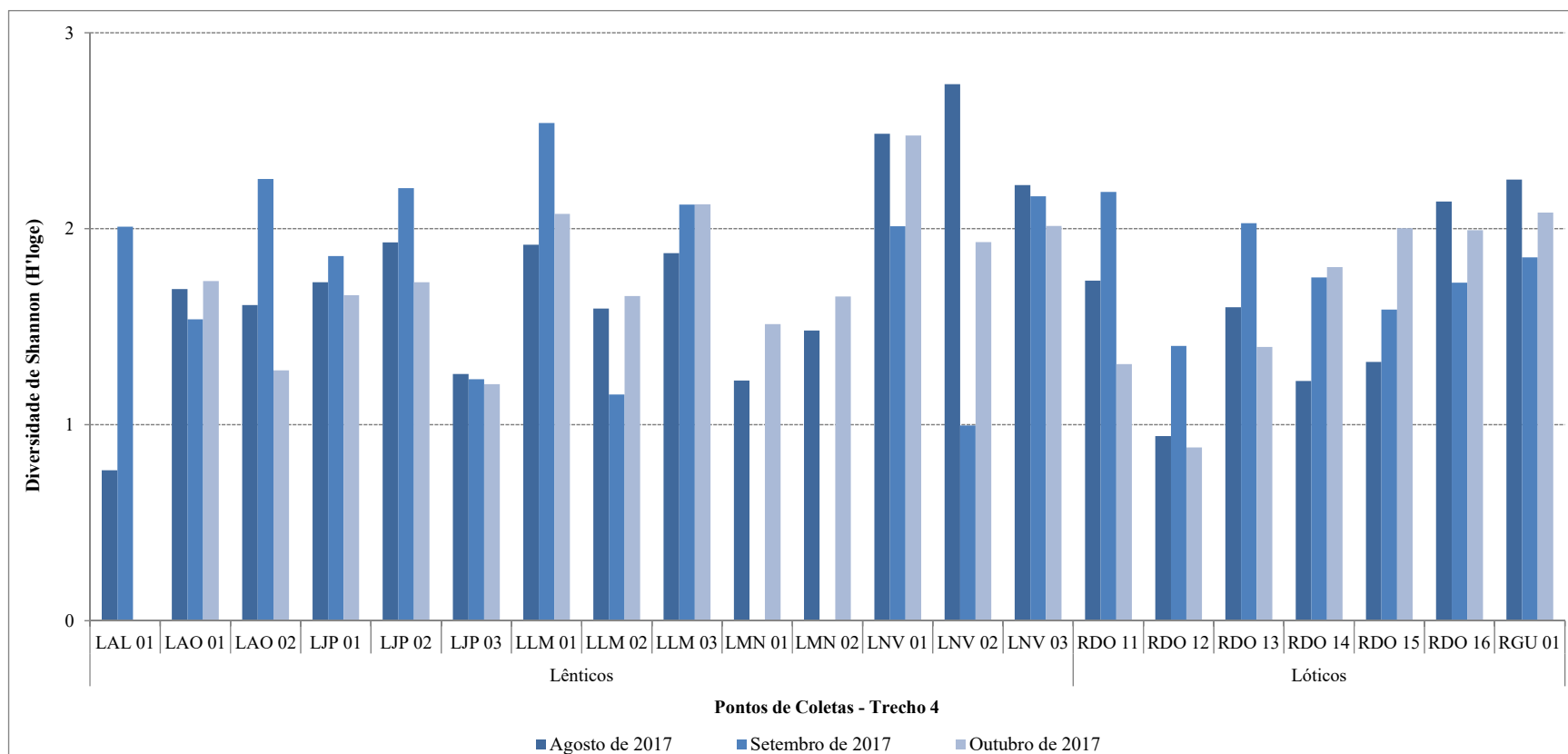
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.98: Variação da Equitabilidade fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



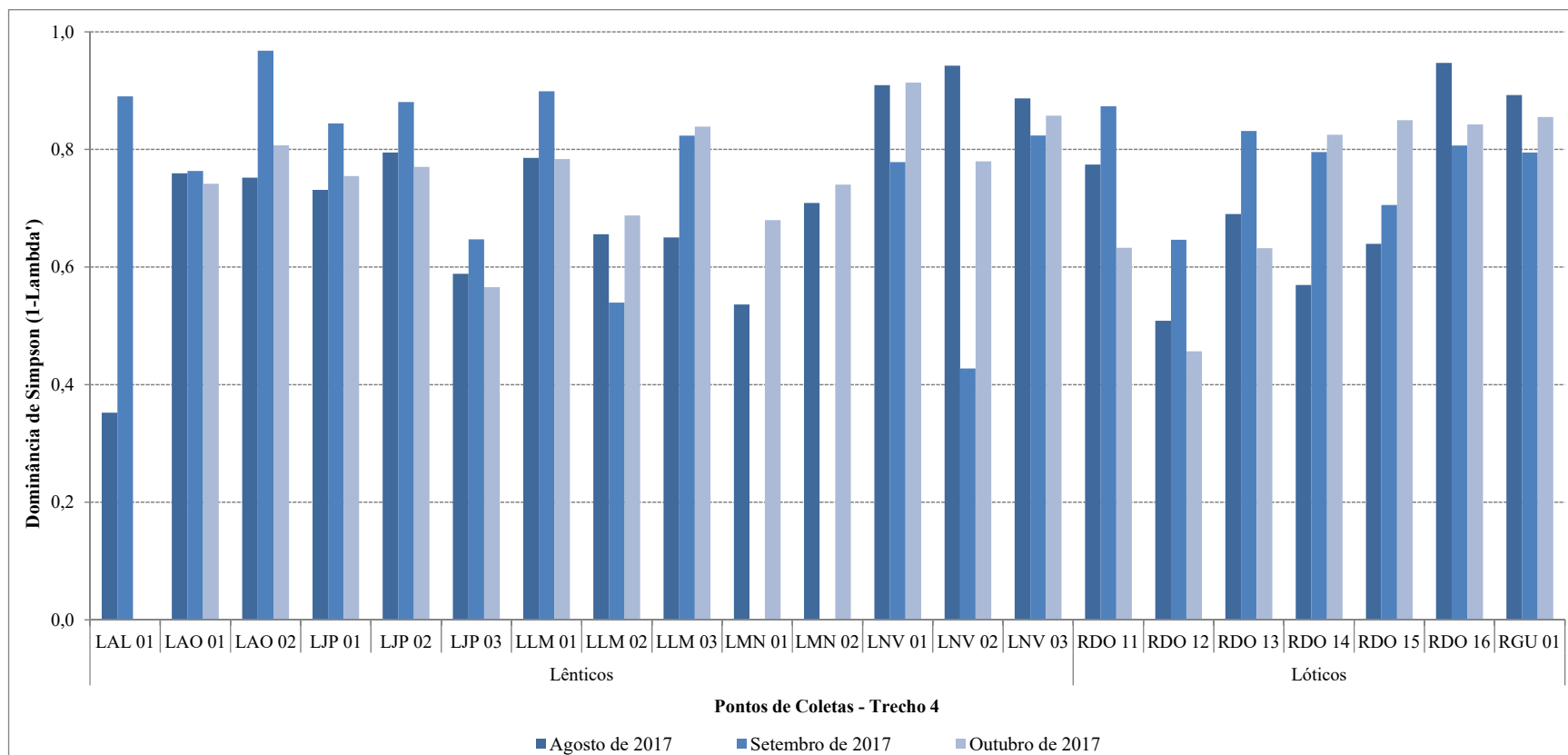
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.99: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.100: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas no Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Já com relação as diferentes profundidades que foram coletadas algas planctônicas nos ambientes lênticos não foi evidenciado nenhum padrão nítido para nenhuma das métricas mensuradas (Tabela 5.136: e Gráfico 101 ao Gráfico 105) . Esses ambientes apresentam maior transparência, e permitindo a penetração de luz em maiores profundidades, e assim ampliando a faixa de produtividade fotossintética. Além disso, esses organismos sedimentam na coluna d'água ao longo do dia (movimentos verticais), o que permite que sejam encontrados nos diferentes estratos destes corpos d'água (ESTEVEZ, 1998).

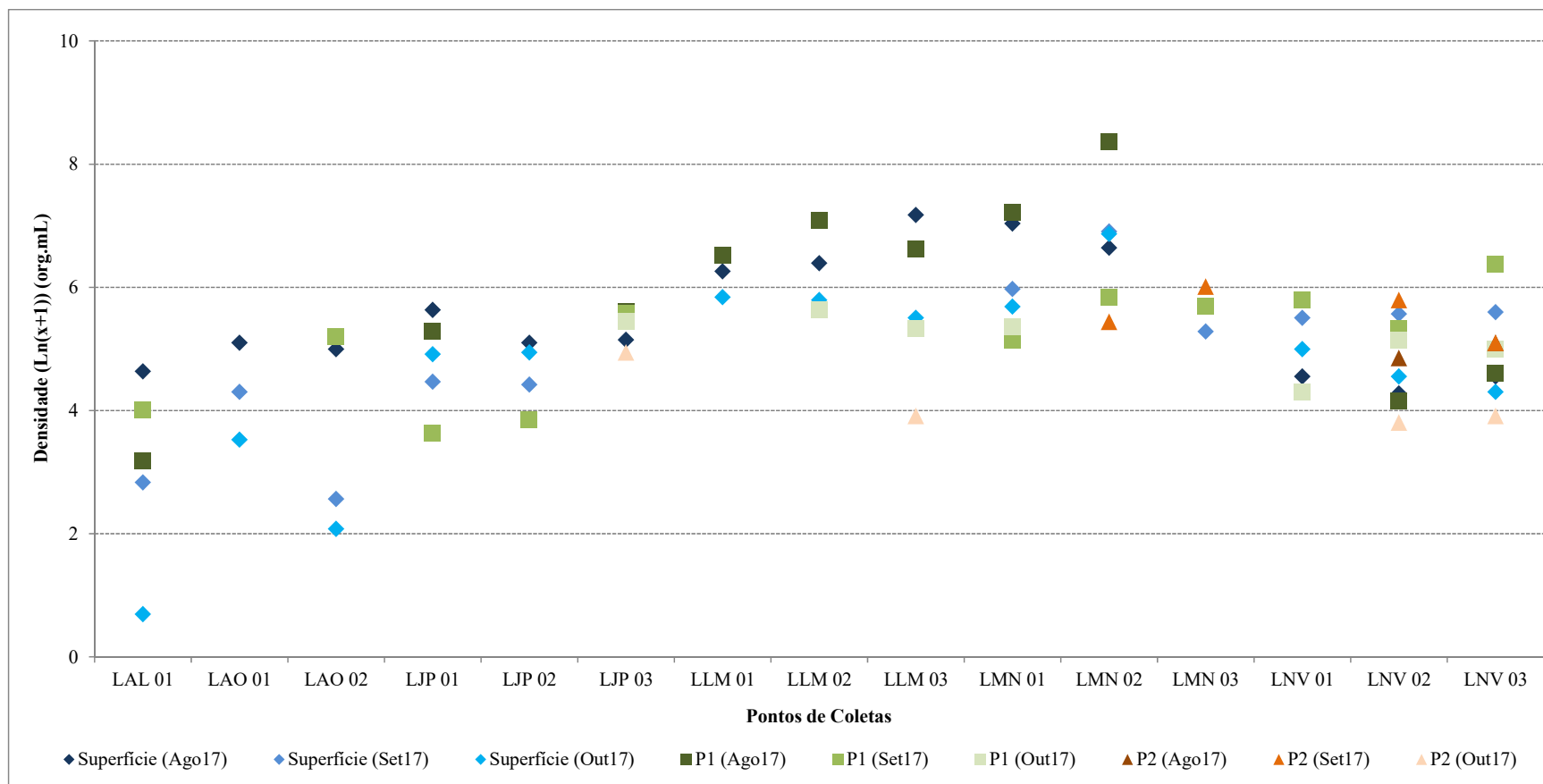
Tabela 5.136: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de algas planctônicas encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Prof	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
		2017								
		Agost o	Setembr o	Outubr o	Agost o	Setembr o	Outubr o	Agost o	Setembr o	Outubr o
LAL 01	Sup.	0,48	0,91	-	0,77	2,01	0,00	0,35	0,89	0,00
LAL 01	P1	0,95	0,83	0,79	2,28	1,82	-	0,93	0,79	-
LAL 01	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAO 01	Sup.	0,81	0,86		1,69	1,54	1,73	0,76	0,76	0,74
LAO 01	P1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAO 01	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LAO 02	Sup.	0,83	0,98	0,92	1,61	2,25	1,28	0,75	0,97	0,81
LAO 02	P1	-	0,80	-	-	1,43	-	-	0,71	-
LAO 02	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LJP 01	Sup.	0,75	0,96	0,80	1,73	1,86	1,66	0,73	0,84	0,75
LJP 01	P1	0,79	0,92	-	1,55	1,48		0,71	0,77	-
LJP 01	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LJP 02	Sup.	0,84	0,92	0,79	1,93	2,21	1,73	0,79	0,88	0,77
LJP 02	P1	-	0,93	-	-	1,81	-	-	0,83	-
LJP 02	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LJP 03	Sup.	0,70	0,77	0,67	1,26	1,23	1,21	0,59	0,65	0,57
LJP 03	P1	0,66	0,58	0,79	1,19	1,05	1,74	0,58	0,50	0,76
LJP 03	P2	-	-	0,80	-	-	1,66	-	-	0,73
LLM 01	Sup.	0,75	-	0,77	1,92	-	2,08	0,79	-	0,78
LLM 01	P1	0,76	-	-	2,10	-	-	0,82	-	-
LLM 01	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LLM 02	Sup.	0,64	-	0,72	1,59	-	1,66	0,66	-	0,69
LLM 02	P1	0,61	-	0,87	1,74	-	2,37	0,73	-	0,88
LLM 02	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LLM 03	Sup.	0,59	-	0,83	1,88	-	2,12	0,65	-	0,84

Pontos de Coletas	Prof .	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
		2017								
		Agost o	Setembr o	Outubr o	Agost o	Setembr o	Outubr o	Agost o	Setembr o	Outubr o
LLM 03	P1	0,75	-	0,85	2,03	-	1,95	0,81	-	0,82
LLM 03	P2	-	-	0,91	-	-	2,11	-	-	0,87
LMN 01	Sup.	0,53	0,90	0,66	1,23	2,54	1,51	0,54	0,90	0,68
LMN 01	P1	0,57	0,80	0,69	1,36	1,55	1,59	0,65	0,72	0,65
LMN 01	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LMN 02	Sup.	0,71	0,46	0,72	1,48	1,15	1,66	0,71	0,54	0,74
LMN 02	P1	0,41	0,80	-	0,89	2,18	-	0,47	0,82	-
LMN 02	P2	-	0,93	-	-	2,46	-	-	0,90	-
LMN 03	Sup.	-	0,85	-	-	2,12	-	-	0,82	-
LMN 03	P1	-	0,84	-	-	2,28	-	-	0,86	-
LMN 03	P2	-	0,71	-	-	1,56	-	-	0,67	-
LNV 01	Sup.	0,94	0,78	0,97	2,48	2,01	2,48	0,91	0,78	0,91
LNV 01	P1	-	0,54	0,91	-	1,24	2,18	-	0,50	0,87
LNV 01	P2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LNV 02	Sup.	0,97	0,51	0,81	2,74	1,00	1,93	0,94	0,43	0,78
LNV 02	P1	0,90	0,72	0,79	2,16	1,58	1,54	0,87	0,66	0,73
LNV 02	P2	0,94	0,53	0,96	2,47	1,10	2,39	0,91	0,46	0,92
LNV 03	Sup.	0,93	0,82	0,92	2,22	2,17	2,01	0,89	0,82	0,86
LNV 03	P1	0,94	0,86	0,95	2,48	2,38	2,20	0,91	0,89	0,88
LNV 03	P2	0,97	0,77	0,79	2,62	1,37	1,64	0,93	0,67	0,72

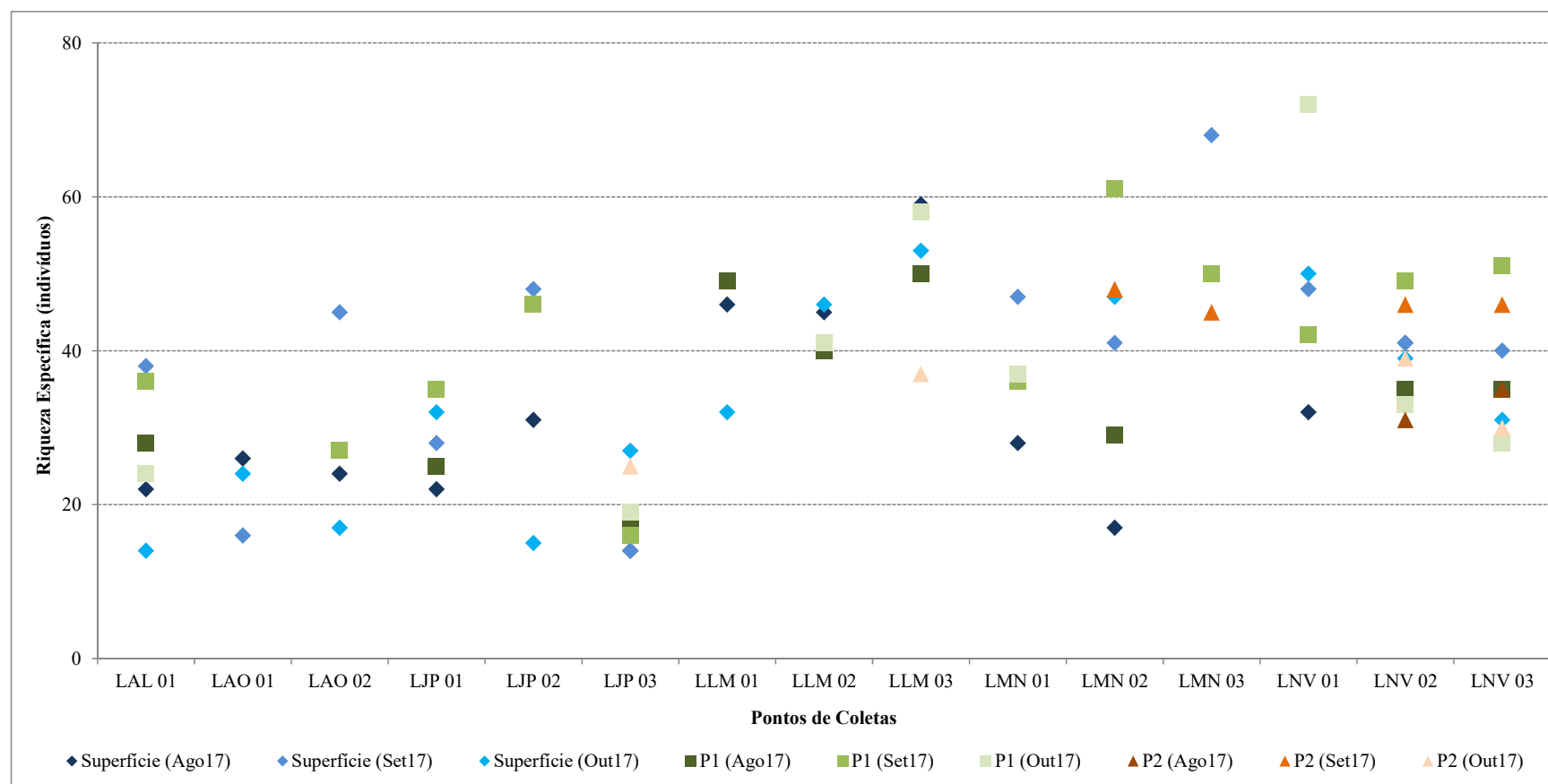
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.101: Variação da Densidade fitoplancônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lânticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



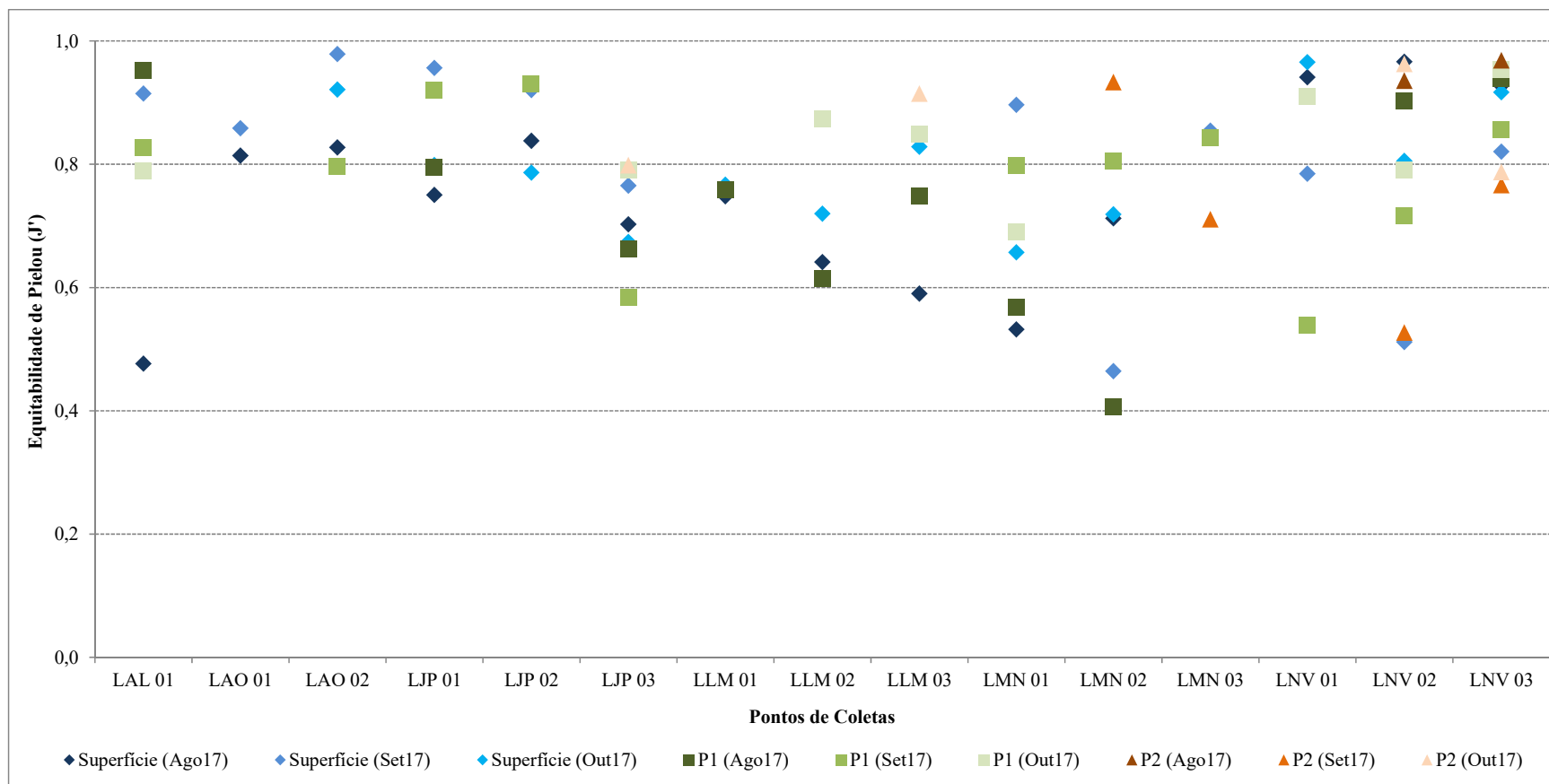
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.102: Variação da Riqueza de espécies fitoplancônicas encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



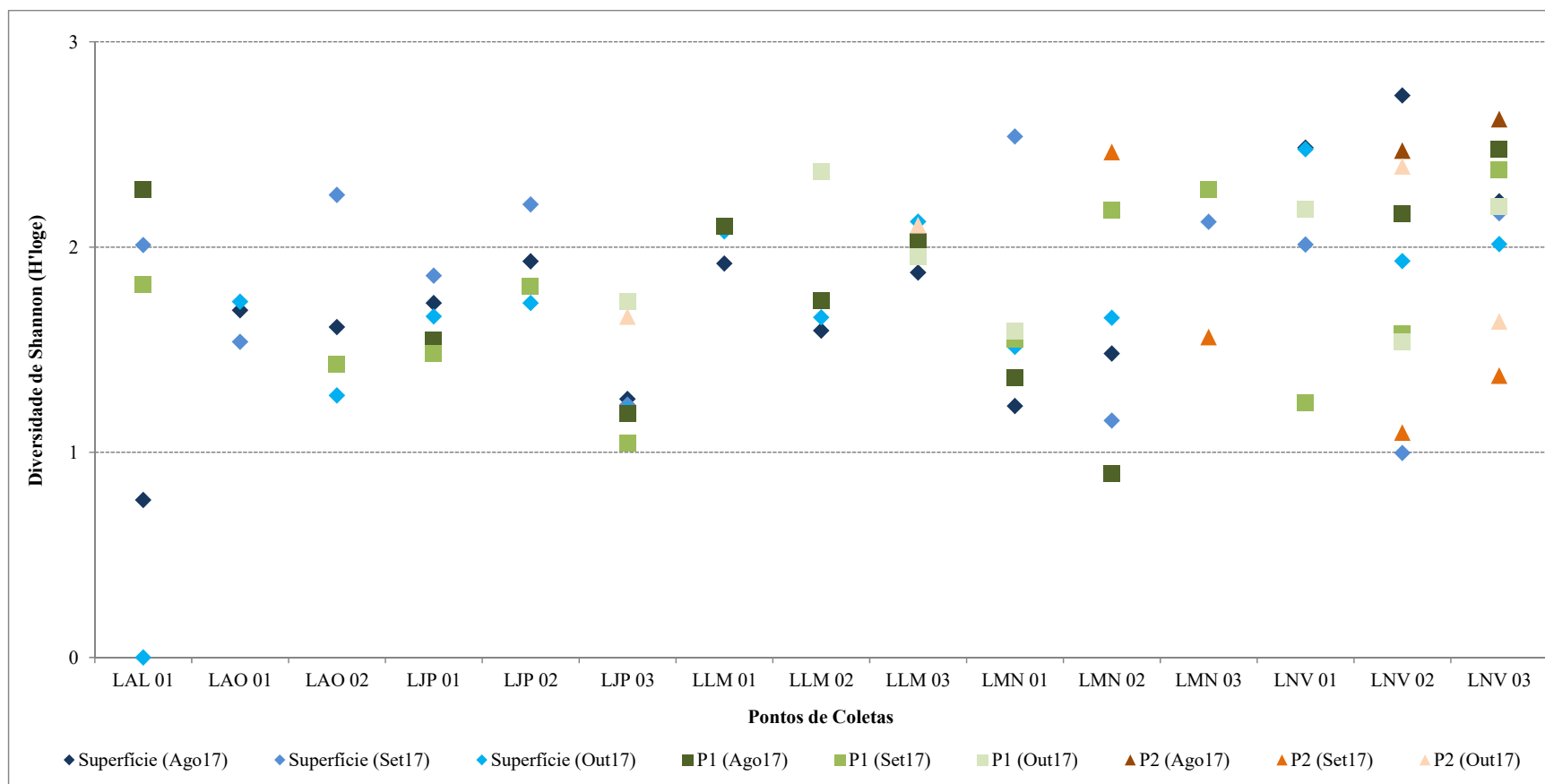
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.103: Variação da Equitabilidade fitoplancônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lânticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



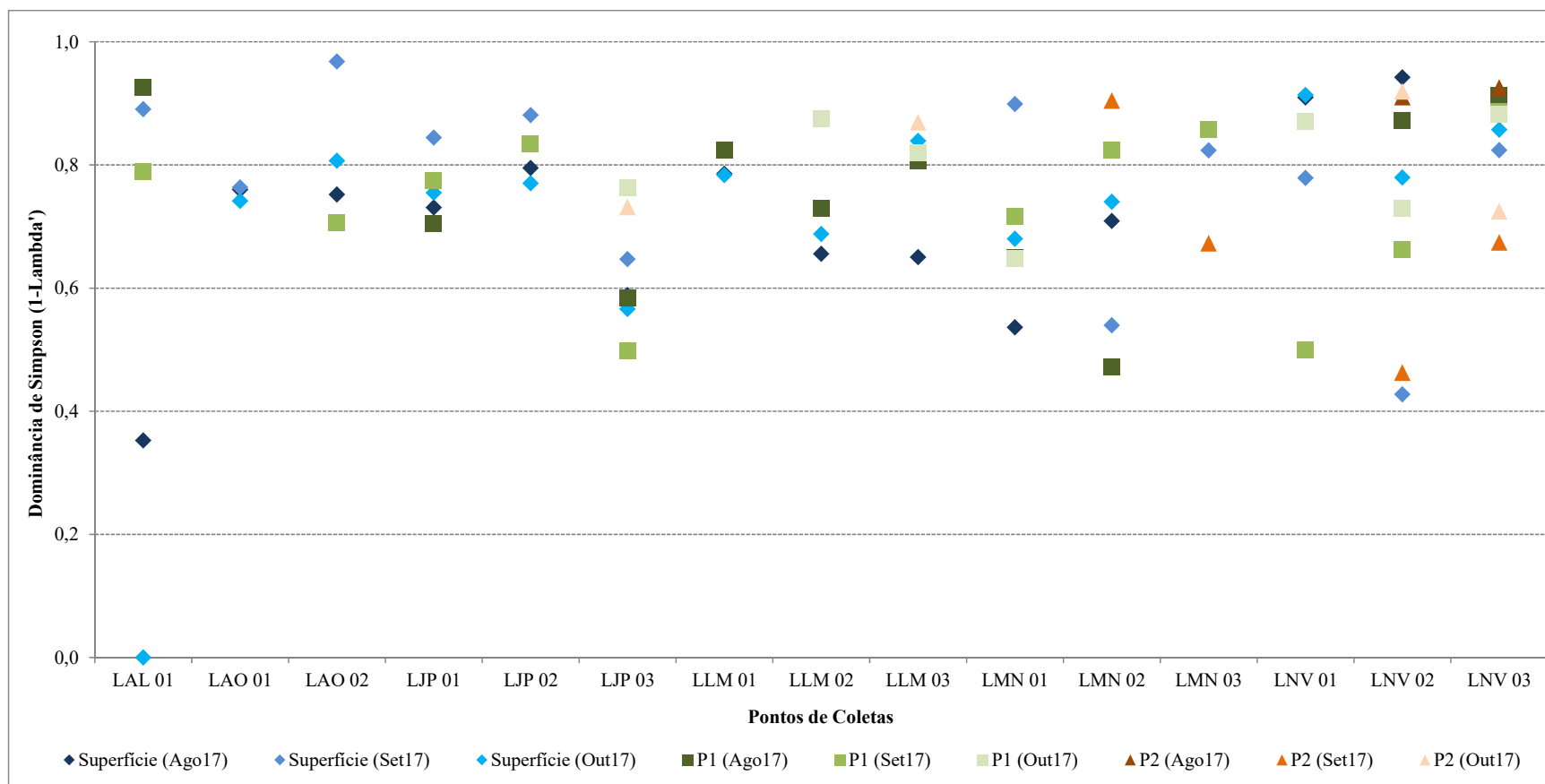
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.104: Variação da Diversidade de Shannon fitoplanctônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

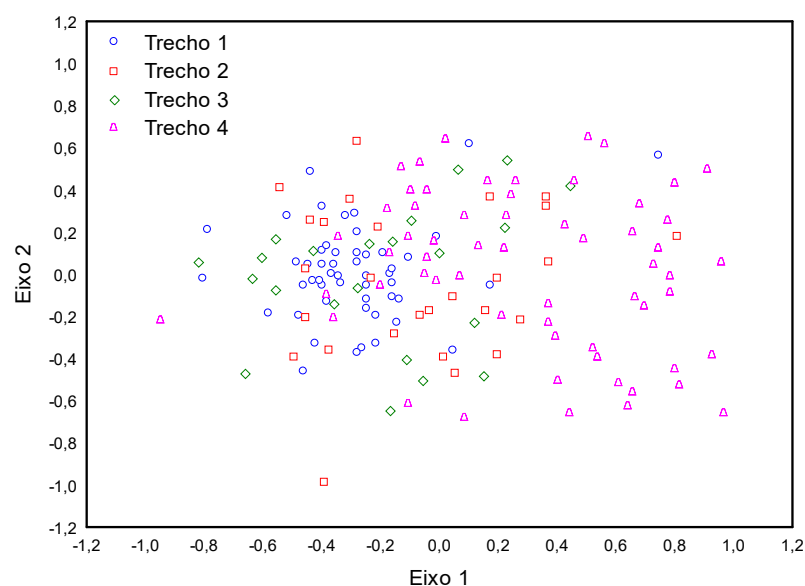
Gráfico 5.105: Variação da Dominância de Simpson fitoplanctônica encontradas nas diferentes profundidades nos ambientes lênticos do Trecho 4, nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os eixos do Escalonamento Multidimensional não Métrico - NMDS espacial não capturaram grande parte da variação entre os pontos apresentando um *stress* de 0,25, não correspondendo assim a um ajuste regular. O *stress* (Standard Residuals Sum of Squares, ou seja, a soma dos quadrados dos padrões residuais) é uma medida do quanto as posições de objetos em uma configuração tridimensional desviam-se das distâncias originais ou similaridades após o escalonamento, um bom ajuste é produzido quando o *stress* se aproxima de zero, sendo assim este pode ser utilizado como uma medida do quão adequada a análise é. Estudos feitos por Clarke & Warmick (2001) apontam que valores de *stress* abaixo de 0,2 correspondem a um ajuste regular e valores abaixo de 0,1 a um bom ajuste bom da ordenação. Na análise visual do gráfico não foi evidenciada separação entre os trechos (Gráfico 5.106).

Gráfico 5.106: Representação gráfica dos dois primeiros eixos do NMDS, mostrando a organização espacial do fitoplâncton nos trechos amostrados.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Embora as análises visuais dos escores gerados pela NMDS não tenham evidenciado diferenças nítidas entre os trechos amostrados, os resultados da Permanova, apontaram diferenças significativas entre eles. Ainda, foi realizada uma Permanova par a par, afim de indicar entre quais trechos havia diferença, e a partir desta análise foi constatada que havia diferença significativa entre todos os trechos para composição fitoplanctônica (Tabela 5.137).

Tabela 5.137: Resultados da PERMANOVA para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$.

Tipo	Df	Soma dos quadrados	F	R2	p
Trecho 1 x Trecho 2	1	0,93	2,82	0,03	0,001
Trecho 1 x Trecho 3	1	0,99	3,05	0,04	0,001
Trecho 1 X Trecho 4	1	4,15	11,8	0,09	0,001
Trecho 2 x Trecho 3	1	0,74	1,97	0,04	0,008
Trecho 2 x Trecho 4	1	1,72	4,45	0,04	0,001
Trecho 3 x Trecho 4	1	1,64	4,25	0,04	0,001

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Apesar das maiores diferenças terem sido registradas na densidade e a riqueza de espécies entre os trechos, os resultados apontaram para uma certa homogeneidade entre eles; e mesmo assim, apesar de não ser destacada nenhuma anomalia nos padrões encontrados entre os trechos e as maiores diferenças observadas serem atribuídas ao tipo de ambiente (lóticos ou lênticos), a Permanova indicou uma diferença significativa entre os trechos. Esse fato pode ser atribuído à composição das biocenoses das algas planctônicas.

Com relação às classes de algas, no geral, as maiores densidades variaram entre as classes Bacillariophyceae e Chlorophyceae, e as maiores riquezas entre as classes Bacillariophyceae e Zynematophyceae.

Para a comunidade das algas planctônicas, as maiores densidades variaram entre as classes Bacillariophyceae e Chlorophyceae, e as maiores riquezas entre as classes Bacillariophyceae e Zynematophyceae. As bacilarofíceas (diatomáceas) constituem uma parcela expressiva da comunidade, principalmente em ambientes lóticos, por possuírem as paredes celulares compostas por sílica (denominadas frústulas) propiciando uma densidade mais alta em relação às outras algas e que podem ser ressuspensas para condições mais adequadas de luminosidade na zona de mistura. Além disto, também possuem estruturas que permitem sua adaptação ao fluxo unidirecional da água, como bainha de mucilagem, espinhos ou setas que são utilizados para flutuação e estruturas para fixação aos substratos como forma de garantir maior estabilidade. As maiores densidades deste grupo foram as diatomáceas do gênero *Nitzschia* spp. que geralmente são encontradas em águas rasas, enriquecidas com nutrientes e susceptíveis a turbidez.

As clorofíceas (algas verdes) são também muito abundantes na comunidade fitoplanctônica, apresentando ciclos de vida curto. São espécies oportunistas, atingindo taxas de crescimento mais rápido quando a disponibilidade de nutrientes é ajustada. As espécies mais representativas deste grupo foram *Chlamydomonas* sp. e *Scenedesmus* sp. Estas últimas não possuem motilidade sendo encontradas preferencialmente em ambientes pouco profundos e enriquecidos com nutrientes. As desmidiáceas (classe Zygnematophyceae) são muito comuns em diversos ambientes de água doce, sendo exclusivas desses ambientes. Algumas espécies como *Cosmarium* sp são resistentes a deficiência de nutrientes, porém sensíveis ao aumento do pH.

Esse resultado já era esperado, uma vez que as algas da classe Bacillariophyceae (diatomáceas) constituem uma parcela muito expressiva dessas biocenoses, principalmente em ambientes lóticos (PATRICK & REIMER, 1966). Essas algas apresentam estratégias de vida que permitem explorar com sucesso os ambientes lóticos, caracterizados pelo fluxo unidirecional da água (MARGALEF, 1983), também por resistir a temperaturas mais baixas, se adaptar às variações de intensidades luminosas (WETZEL, 1993). Essas algas também apresentam estruturas para fixação aos substratos, como forma de garantir maior estabilidade (ROUND, 1993), além de espinhos ou setas que são utilizados para flutuar, e até mesmo para causar rotação evitando a sedimentação. A presença de uma fina camada de mucilagem ao redor da célula também é um aparato utilizado para evitar a sedimentação (SOMMER, 1988). Outra característica marcante deste grupo de algas são as paredes celulares compostas por sílica, denominadas frústulas, propiciando uma densidade mais alta em relação às outras algas. De acordo com Heo e Kim (2004), isto as impede de ocorrer em estratos próximos à sub-superfície, favorecendo as perdas por sedimentação. A condição de mistura auxilia em eventos de ressuspensão das frústulas, conduzindo-as para condições mais adequadas de luminosidade.

Por sua vez, as algas da classe Chlorophyceae (algas verdes) são também muito abundantes, apresentam ciclos de vida curto, e são espécies oportunistas, atingindo taxas de crescimento mais rápido quando a disponibilidade de nutrientes é ajustada. A colonização destas espécies é extremamente rápida devido à elevada razão superfície/volume o que resulta em eficiente absorção de nutrientes (HAPPEY-WOOD, 1988).

Ainda as algas da classe Zygnematomyceae são muito comuns e diversas em ambientes de água doce, sendo exclusivas desses ambientes (GUIRY, 2013).

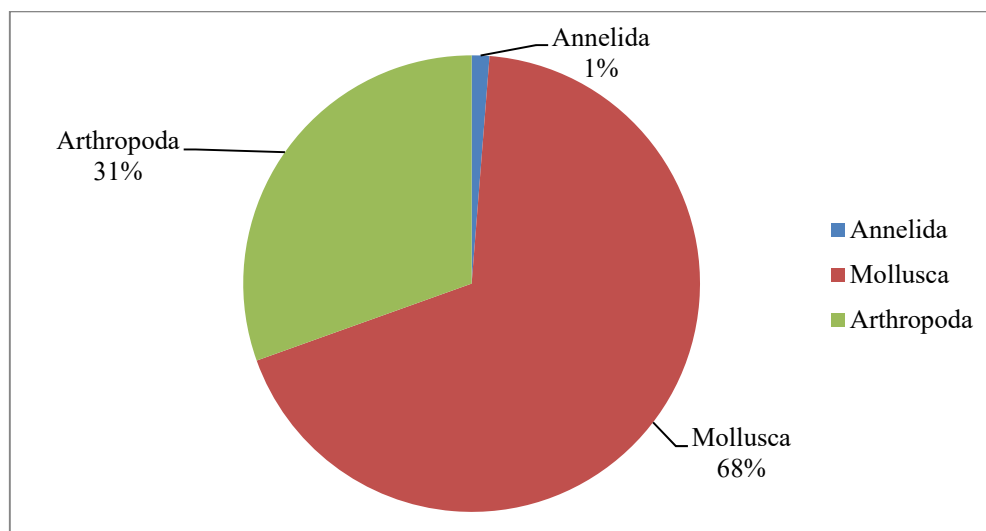
As algas que mais se destacam como bioindicadoras são as da classe Cyanophyceae, popularmente conhecidas como cianobactérias. Estas são conhecidas por produzirem florações quando expostas à ambientes ricos em nitrogênio e fósforo, oriundos de ações antropogênicas, podendo ocorrer liberação de toxinas representando assim um grande risco para o uso do recurso hídrico (SANT'ANNA et al., 2004). Entretanto esta classe representou apenas 4% (2.461 org./ml) da densidade total de algas planctônicas e apesar de serem conhecidos episódios de florações no rio Doce em seu médio curso, os valores encontrados nesse estudo se encontram bem abaixo do padrão estabelecido pela Portaria do Ministério da Saúde 2.914/2011 indicando condições de normalidade. Cabe destacar que foi observada a ocorrência de espécies incluídas na lista de cianobactérias potencialmente tóxicas em alguns pontos de monitoramento. No entanto, é necessário pontuar que a presença destas espécies, mesmo que em altas densidades, não acarreta necessariamente toxicidade da água. A produção de toxina das cianobactérias varia em função da interação de diversos fatores, como a genética, a fisiologia do organismo e os parâmetros ambientais.

Apesar de essas algas serem capazes de viver em uma ampla variedade de ambientes, estas se desenvolvem melhor em ambientes rasos e com baixo regime de correnteza (STEINGNBERG & HARTAMANN, 1988), o que explica a baixa abundância destes nos ambientes estudados que em geral tem alta profundidade e em sua maioria se tratam de ambientes lóticos.

5.10.2 Zoobentos

De um modo geral, no trimestre compreendido pelos meses de agosto a outubro de 2017 foram coletados cerca de 20.300 indivíduos (abundância absoluta), e 38 *taxa* pertencentes aos Filos Annelida, Mollusca e Arthropoda (Anexo V (I) e Gráfico 5.108).

Gráfico 5.107: Percentual dos filos de Zoobentos de Água Doce para o período de estudo.

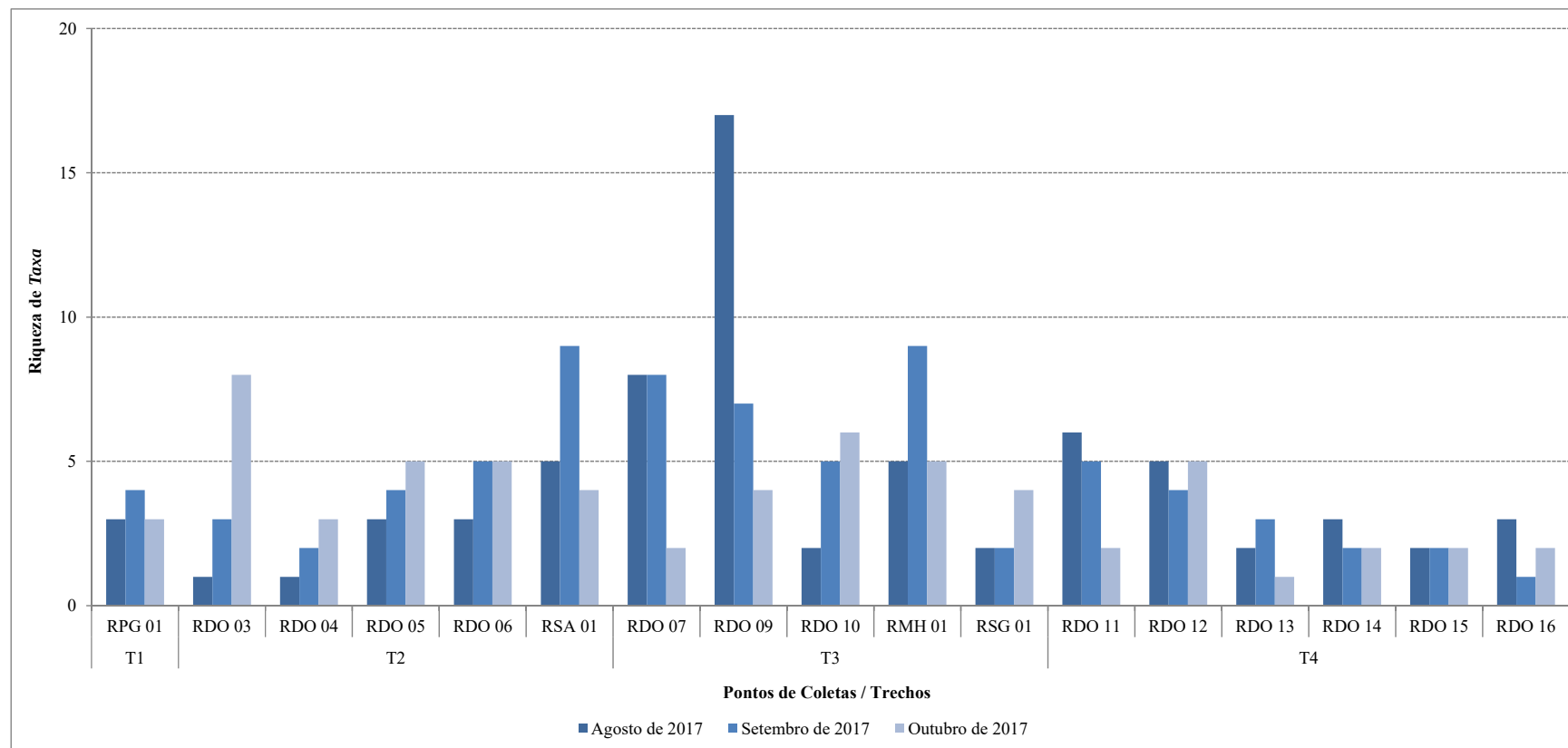


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Na campanha realizada em Setembro de 2017 foi contabilizada a maior abundância absoluta (9370 indivíduos), enquanto que na campanha de Agosto de 2017, a menor (4058 indivíduos). Entretanto, em Agosto de 2017, registrou-se a maior riqueza de *taxa* (25), enquanto que na campanha de Outubro de 2017, foi registrado a menor (20), o que não corresponde à uma diferença muito expressiva entre as campanhas. Neste sentido, foram registradas 10 *taxa* comuns às três campanhas, oito exclusivas da campanha de Agosto, seis exclusivas de Setembro, e cinco exclusivas de Outubro. As demais nove *taxa*, compartilharam duas das três campanhas.

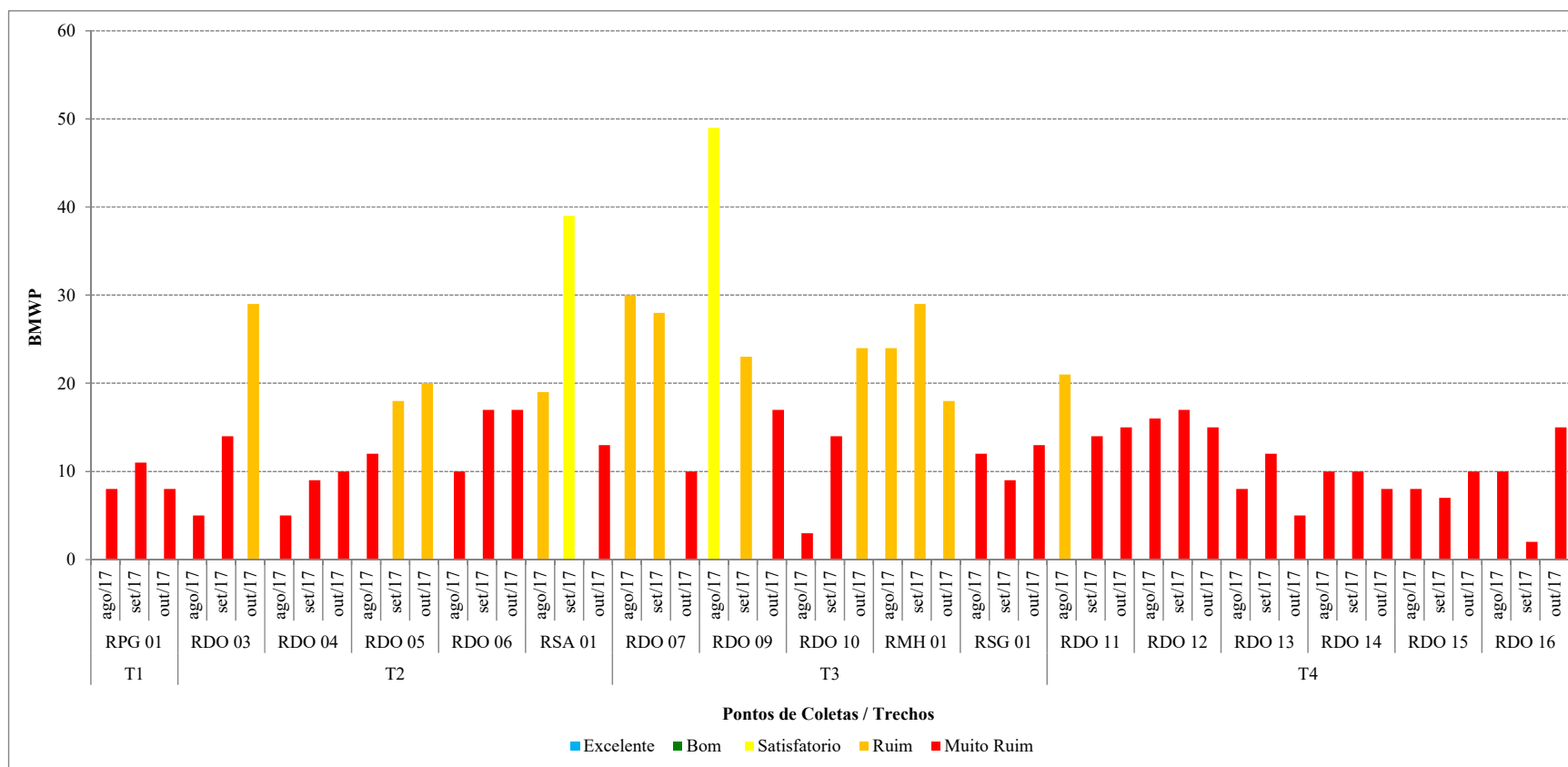
Ainda, na campanha de Agosto observa-se as maiores riquezas de *taxa* por pontos de coleta, com decréscimo nas campanhas de Setembro e Outubro (Gráfico 5.108). Sendo esse mesmo padrão observado para o BMWP-CETEC (Gráfico 5.109), e Índice Multimétrico Bentônico – IBM (Gráfico 5.110).

Gráfico 5.108: Variação da Riqueza de *Taxa* de Zoobentos encontradas nos pontos de coletas durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



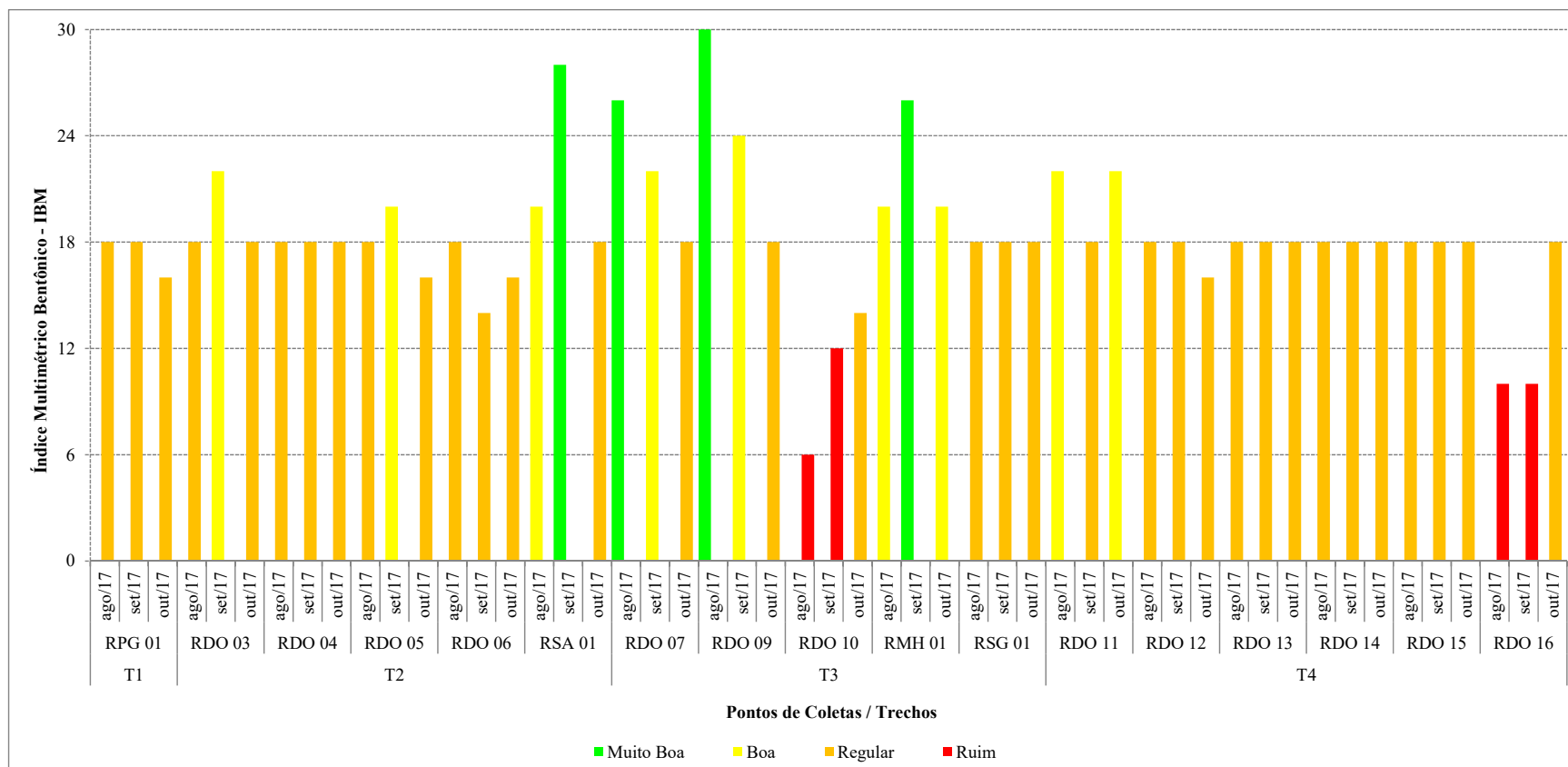
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.109: Variação do BMWP-CETEC, por ponto de coleta e por trecho, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.110: Variação do Índice Multimétrico Bentônico - IBM, por ponto de coleta e por trecho, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

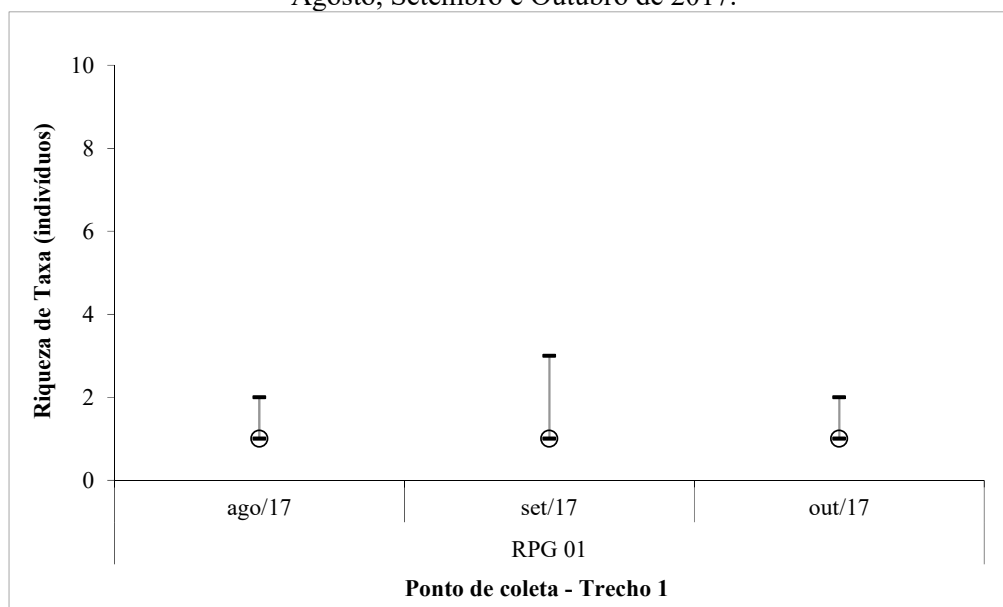
A seguir são apresentados os resultados por cada trecho da malha amostral.

5.10.2.1 Trecho 1

O Trecho 1 é compreendido por apenas um ponto de coleta, para o estudo de zoobentos. No trimestre foram coletadas 2.386 indivíduos (abundância absoluta) e quatro *taxa* no total. Como se trata de apenas um ponto no trecho, a riqueza variou entre três e quatro *taxa* durante as campanhas nesse ponto (Gráfico 5.111). Os valores obtidos para o BMWP-CETEC classificaram o trecho como “muito ruim”, nas três campanhas (Gráfico 5.112); enquanto que os valores obtidos para o IBM classificaram o trecho como “regular”, também nas três campanhas (Gráfico 5.113).

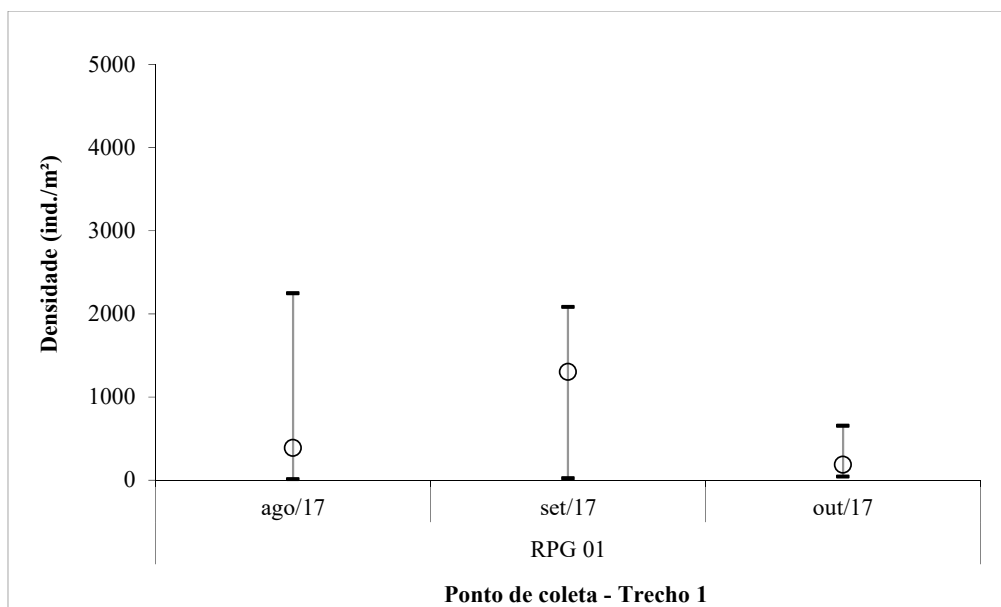
No que se refere às réplicas viáveis, a riqueza de *taxa* encontrada é baixa, variando entre 1 e 3 *taxa*, durante o período. A densidade neste ponto entre as réplicas viáveis variou de 10,2 a 2.244 ind./m², sendo a média 387 ind./m² no mês de Agosto; de 20,4 a 2.081 ind./m², sendo a média 1.301 ind./m² no mês de Setembro; e, de 40,8 a 653 ind./m², sendo a média 184 ind./m² no mês de Outubro.

Gráfico 5.111: Variação da Riqueza de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

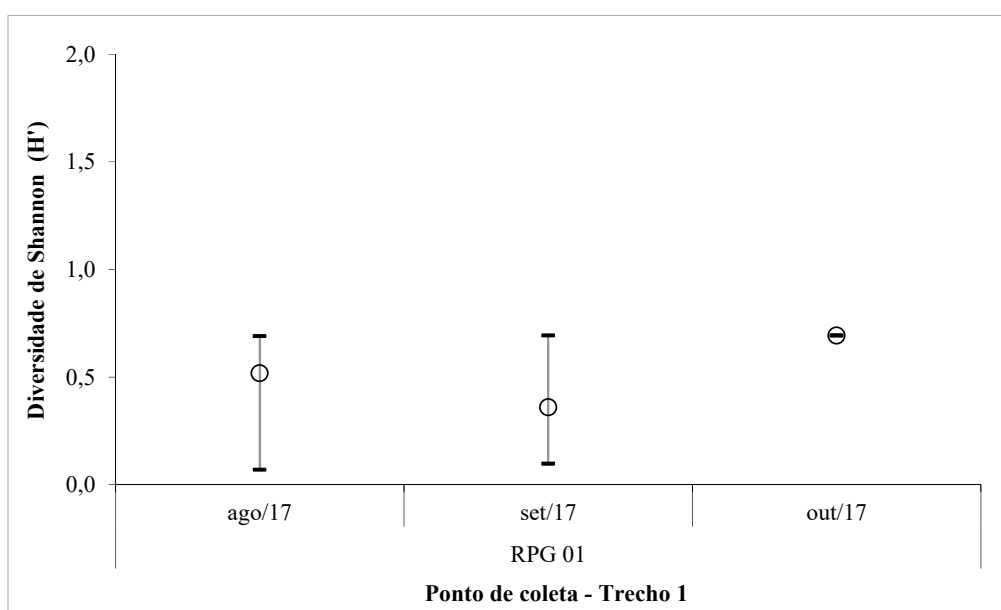
Gráfico 5.112: Variação da Densidade de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

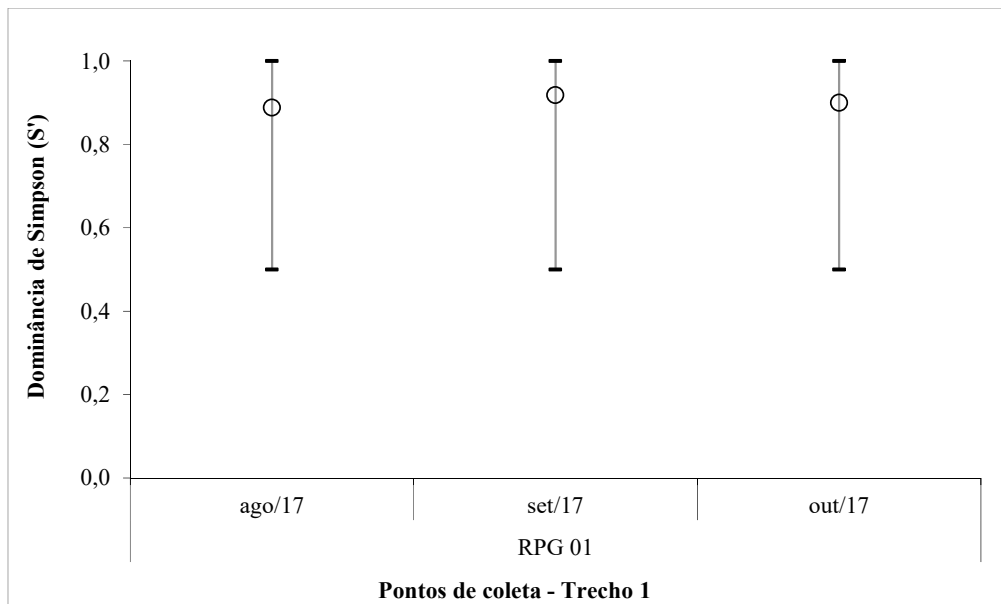
Como consequência da baixa riqueza de *taxa* nesse trecho, durante o período, a variação do Índice de Shannon, entre as réplicas viáveis foi sempre menor que 1 (Gráfico 5.113); enquanto que, a variação do Índice de Dominância de Simpson, para réplicas viáveis foi de 0,5 a 1 (Gráfico 5.114); e entre 0,10 a 1 para a Equitabilidade (Gráfico 5.115).

Gráfico 5.113: Variação do Índice de Shannon de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



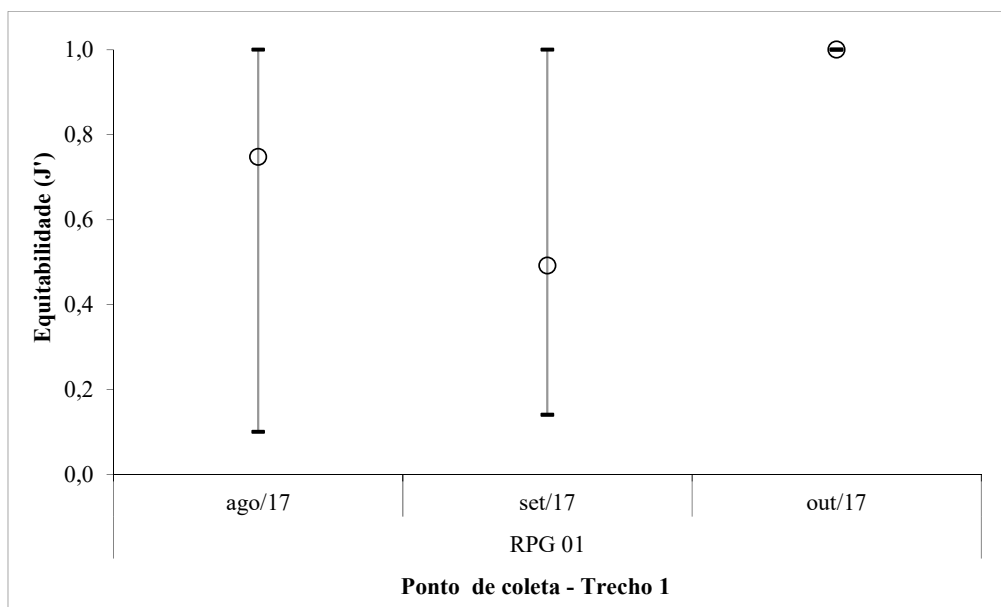
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.114 Variação do Índice de Simpson de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.115: Variação da Equitabilidade de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 1, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

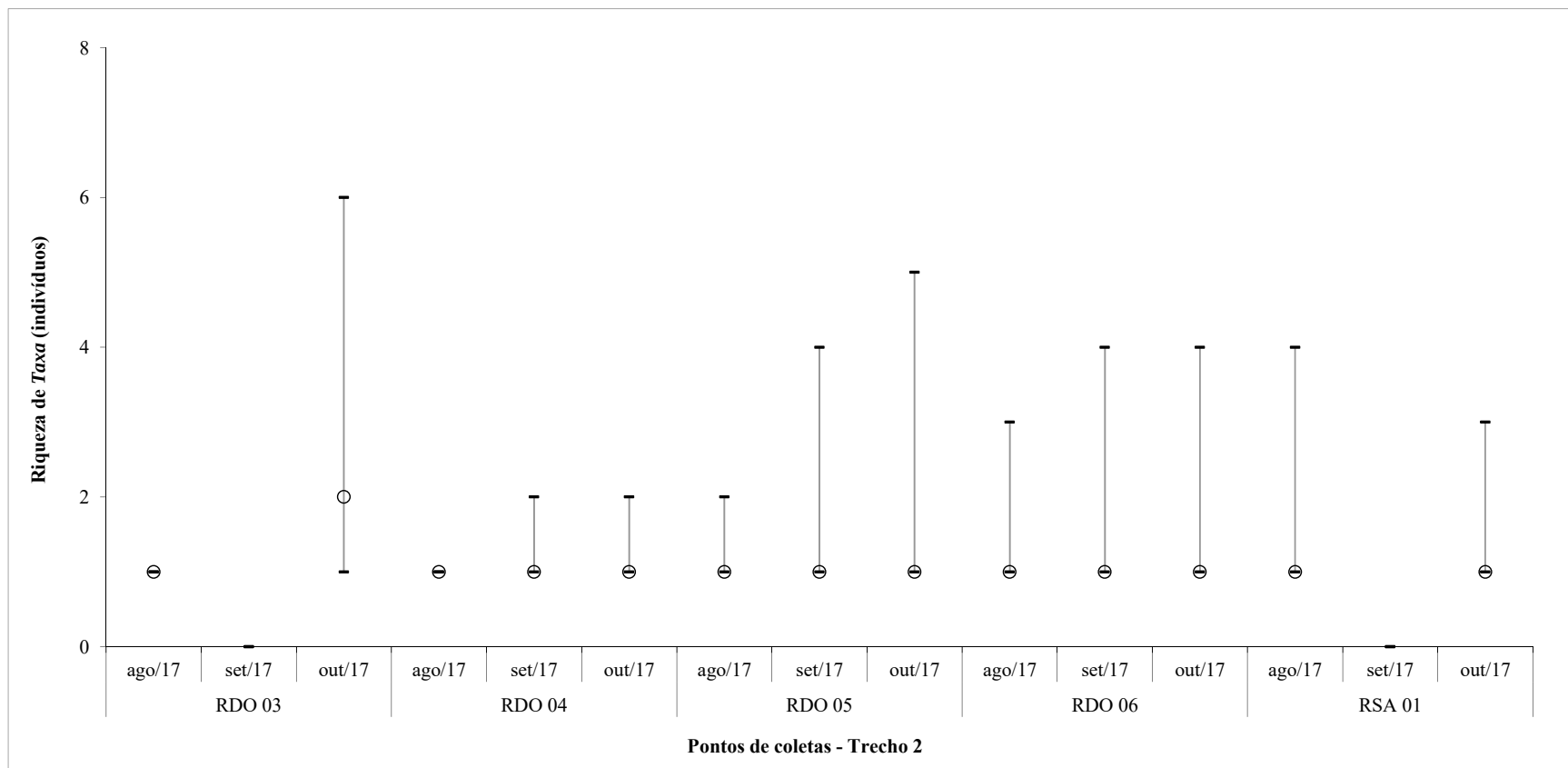
5.10.2.2 Trecho 2

O Trecho 2 é compreendido por cinco pontos de coletas, para o estudo de zoobentos. No trimestre foram coletados 4703 indivíduos (abundância absoluta) e 19 *taxa*, no total. No mês de Agosto a riqueza variou entre um e cinco *taxa*, e nos meses de Setembro e Outubro, de

dois a nove, e de três a oito, respectivamente. Os valores obtidos para o BMWP-CETEC classificaram a maioria dos pontos do trecho como “muito ruim”, nas três campanhas, exceção ao ponto RSA 01 na campanha de Setembro, classificado como “satisfatório”. Já os valores obtidos para o IBM classificaram a maioria dos pontos desse trecho como “regular”, destacando-se novamente o ponto RSA 01 como “bom” e “muito bom”, em Agosto e Setembro, respectivamente.

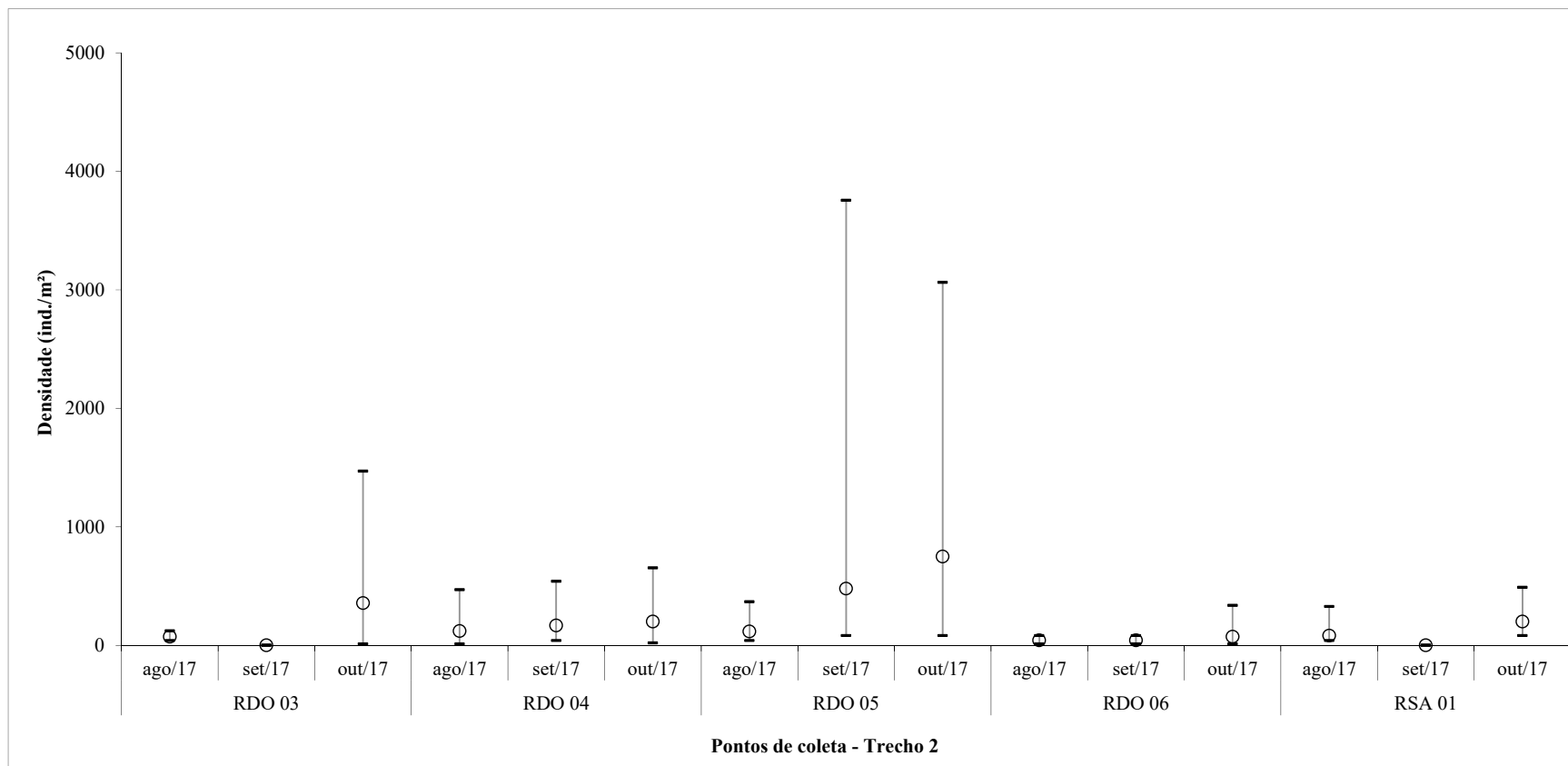
Dentre as réplicas viáveis durante o período, a riqueza de *taxa* encontrada é relativamente baixa, variando entre 1 e 6 *taxa*, mas sempre tendendo à 1 (Gráfico 5.116). A densidade neste trecho entre as réplicas viáveis durante o período variou de 10,2 a 3.755 ind./m², e sempre tendendo a valores inferiores à 500 ind./m² (Gráfico 5.117).

Gráfico 5.116: Variação da Riqueza de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

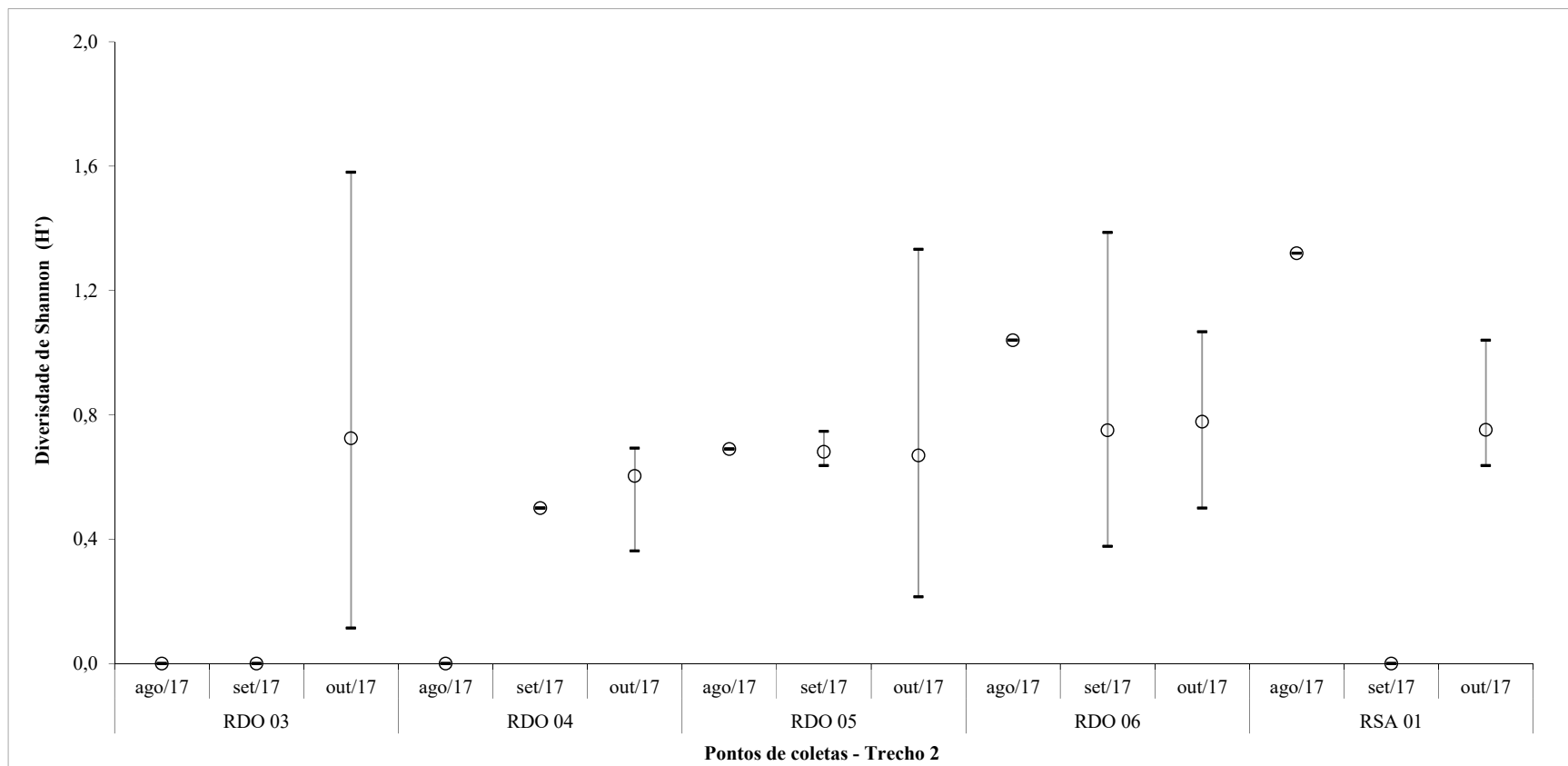
Gráfico 5.117: Variação da Densidade de Taxa de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

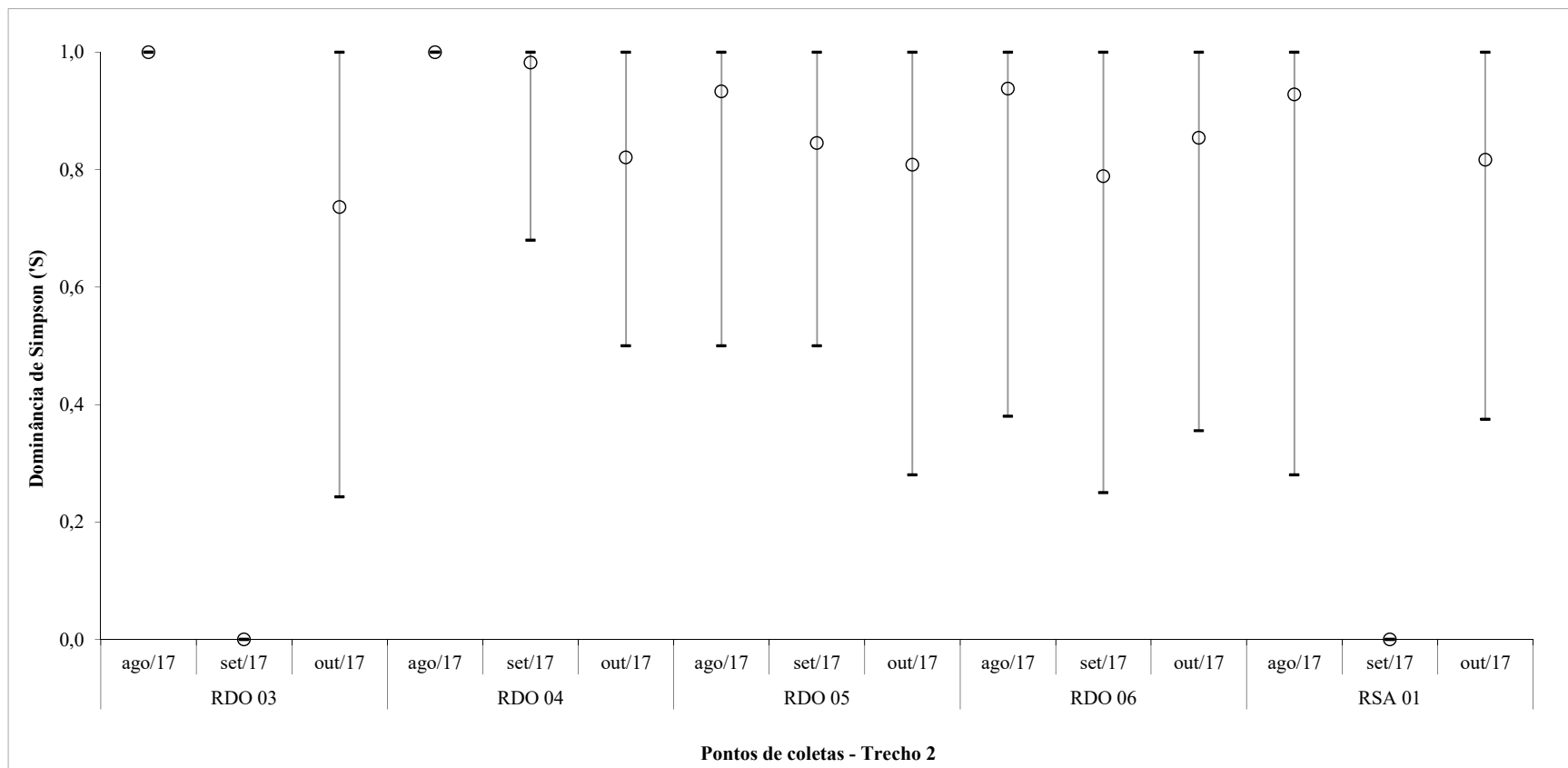
Nesse trecho, a variação do Índice de Shannon, entre as réplicas viáveis foi de 0,69 à 1,58 (Gráfico 5.118); enquanto que, a variação do Índice de Dominância de Simpson, para réplicas viáveis foi de 0,24 a 1 (Gráfico 5.119); e entre 0,17 a 1 para a Equitabilidade (Gráfico 5.120). A maior variabilidade desses índices é reflexo do relativo aumento da riqueza de *taxa* nesse trecho.

Gráfico 5.118: Variação do Índice de Shannon de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



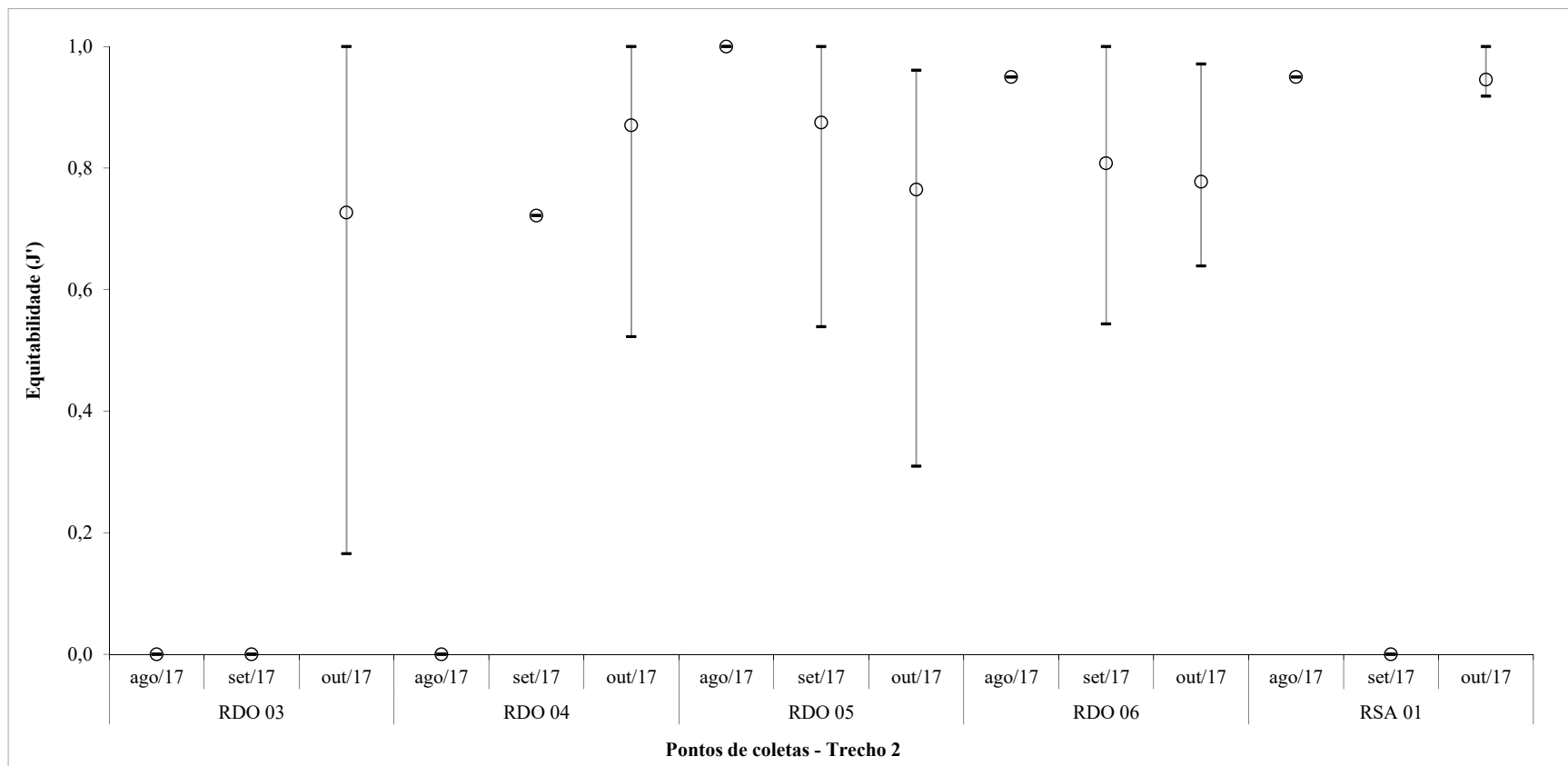
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.119: Variação do Índice de Simpson de *Taxa de Zoobentos* no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.120: Variação da Equitabilidade de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 2, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



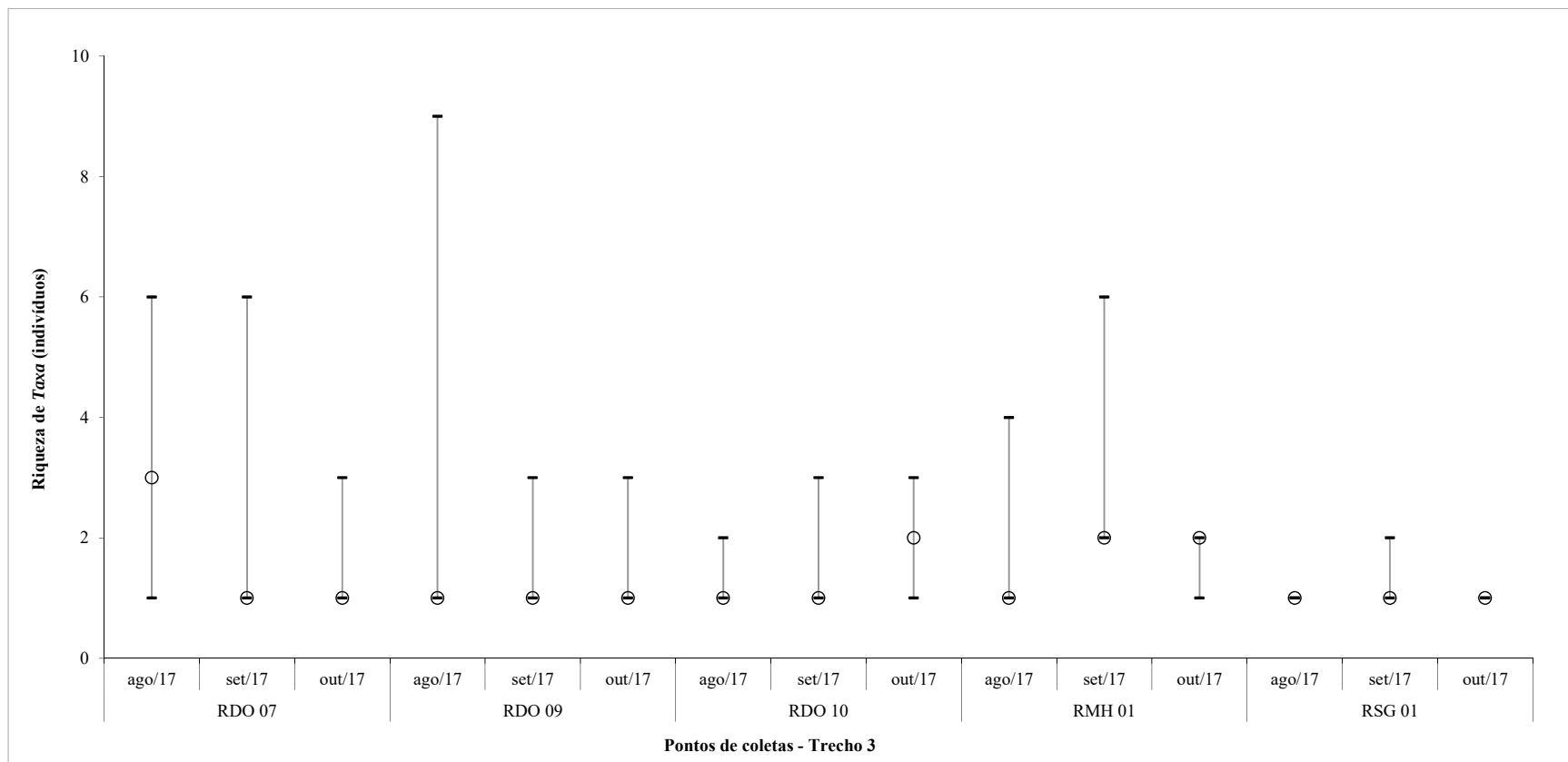
Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.10.2.3 Trecho 3

O Trecho 3 também é compreendido por cinco pontos de coletas, para o estudo de zoobentos. No trimestre foram coletados 9.596 indivíduos (abundância absoluta) e 26 *taxa* no total, sendo o trecho que apresentou a maior riqueza de *taxa*, e também de abundância. Os valores de riqueza variaram entre dois e 17 *taxa*, no mês de Agosto, decaindo nos meses subsequentes, sendo registrados de dois a nove *taxa*, e de dois a seis *taxa*, em Setembro e Outubro, respectivamente (Gráfico 5.121). Os valores obtidos para o BMWP-CETEC classificaram a maioria dos pontos do trecho como “ruim”, nas três campanhas, exceção ao ponto RDO 09 na campanha de Agosto, classificado como “satisfatório”. Já os valores obtidos para o IBM classificaram a maioria dos pontos desse trecho em Agosto e Setembro como “bom” e “muito bom”, e “regular” em Outubro, sendo esse trecho considerado o que apresenta os melhores indicadores, dentre os demais.

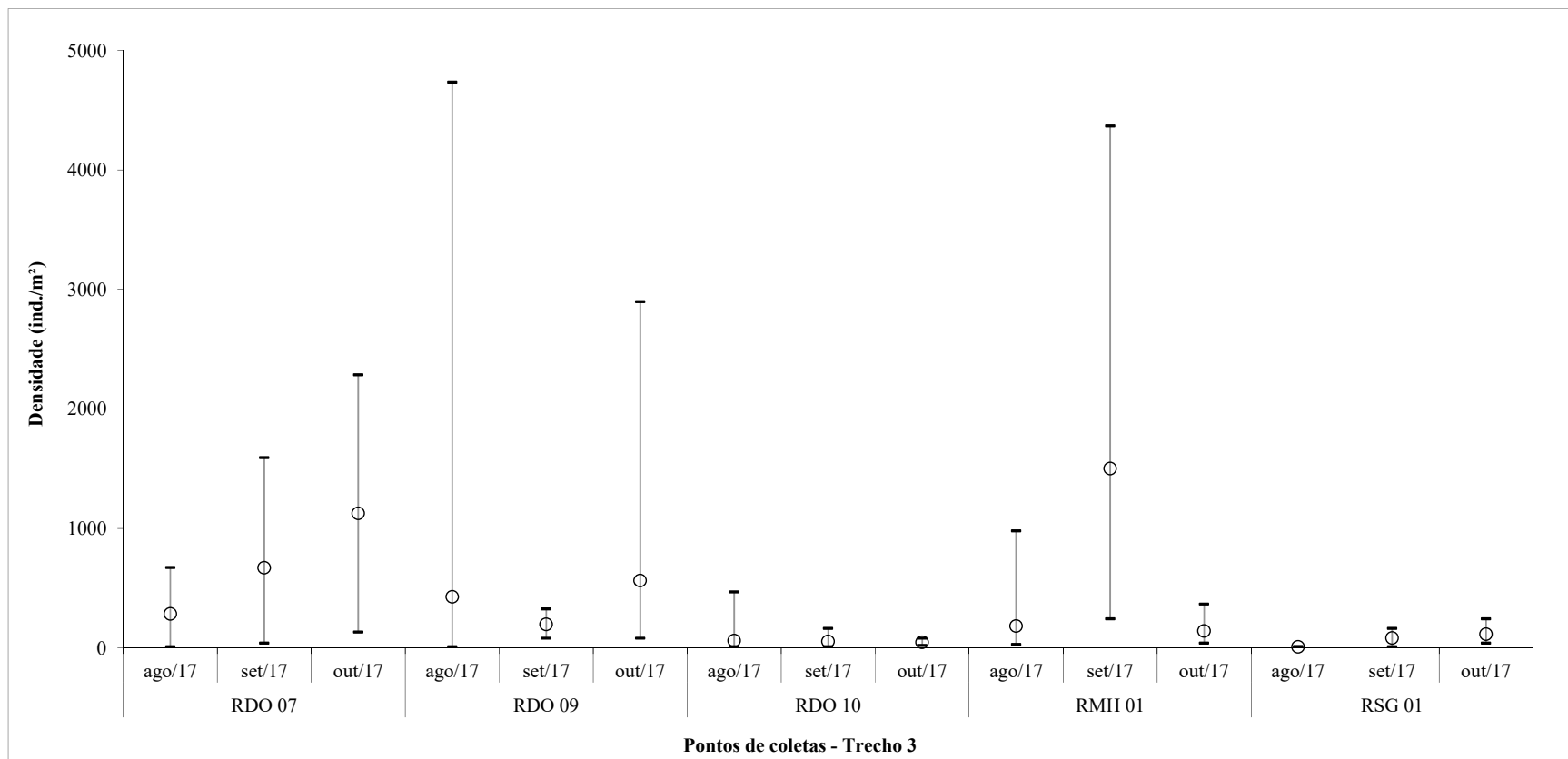
Dentre as réplicas viáveis, a riqueza de *taxa* encontrada durante o período varia entre 1 e 9 *taxa*, com uma leve tendência à 1 (Gráfico 5.122). A densidade neste trecho entre as réplicas viáveis durante o período variou de 10,2 a 4.735 ind./m², e sempre tendendo a valores inferiores à 1.000 ind./m² (Gráfico 5.123).

Gráfico 5.121: Variação da Riqueza de Taxa de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

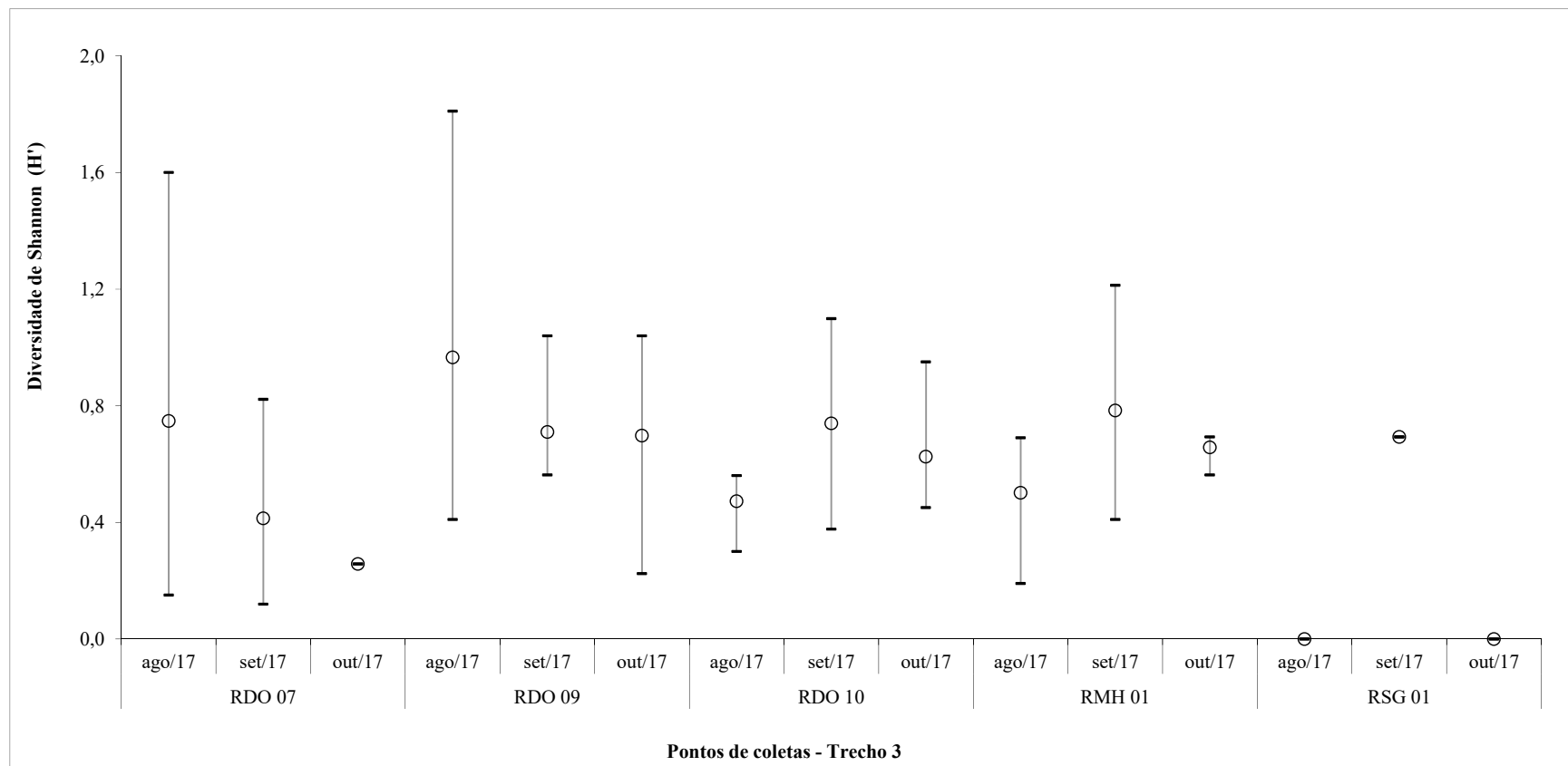
Gráfico 5.122: Variação da Densidade de Taxa de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

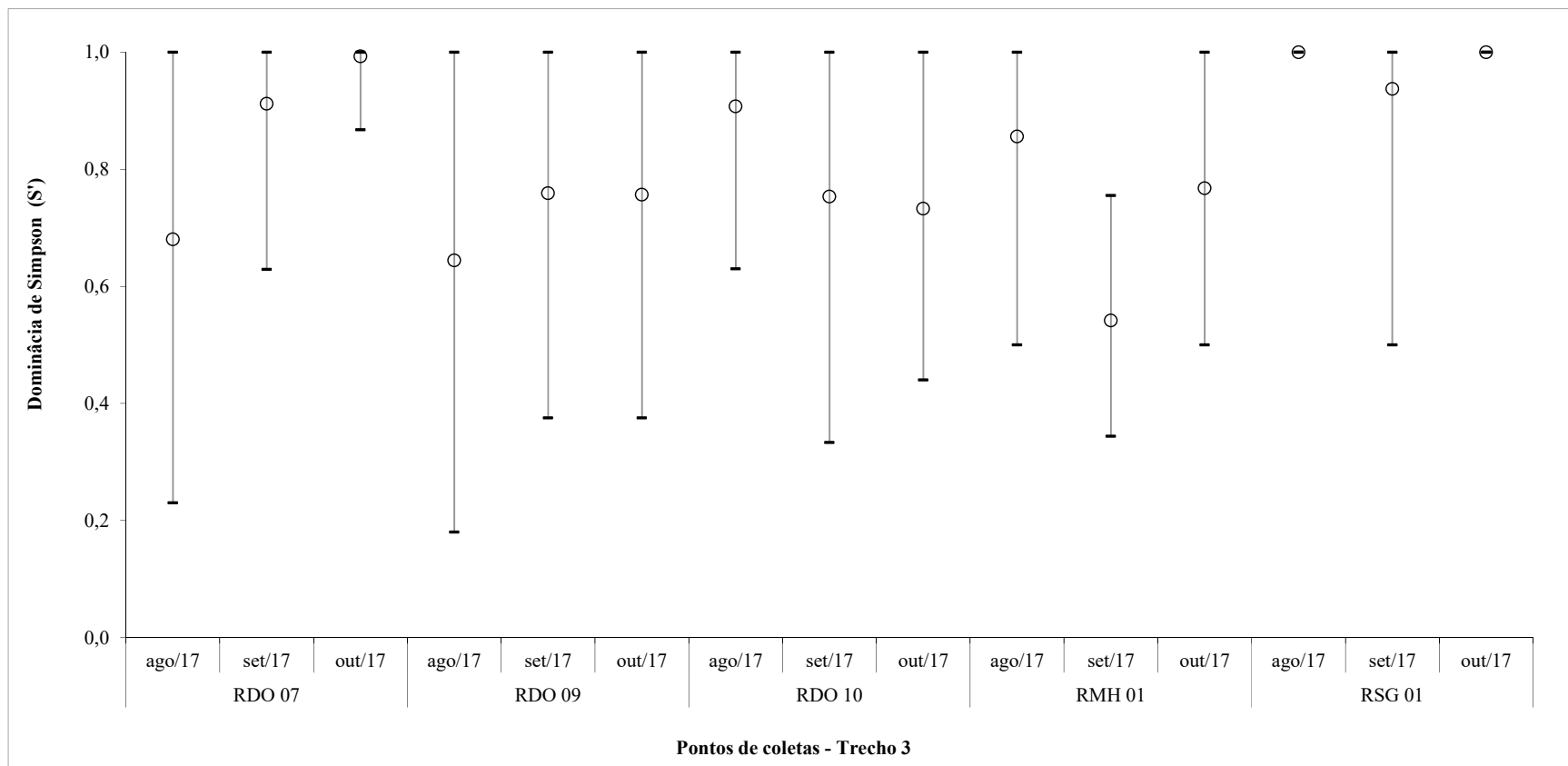
Nesse trecho, a variação do Índice de Shannon, entre as réplicas viáveis foi de 0,12 à 1,81 (Gráfico 5.123); enquanto que, a variação do Índice de Dominância de Simpson, para réplicas viáveis foi de 0,18 a 1 (Gráfico 5.124); e, também entre 0,17 a 1 para a Equitabilidade (Gráfico 5.125). O aumento da variabilidade desses índices também é reflexo do relativo aumento da riqueza de *taxa* nesse trecho.

Gráfico 5.123: Variação do Índice de Shannon de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



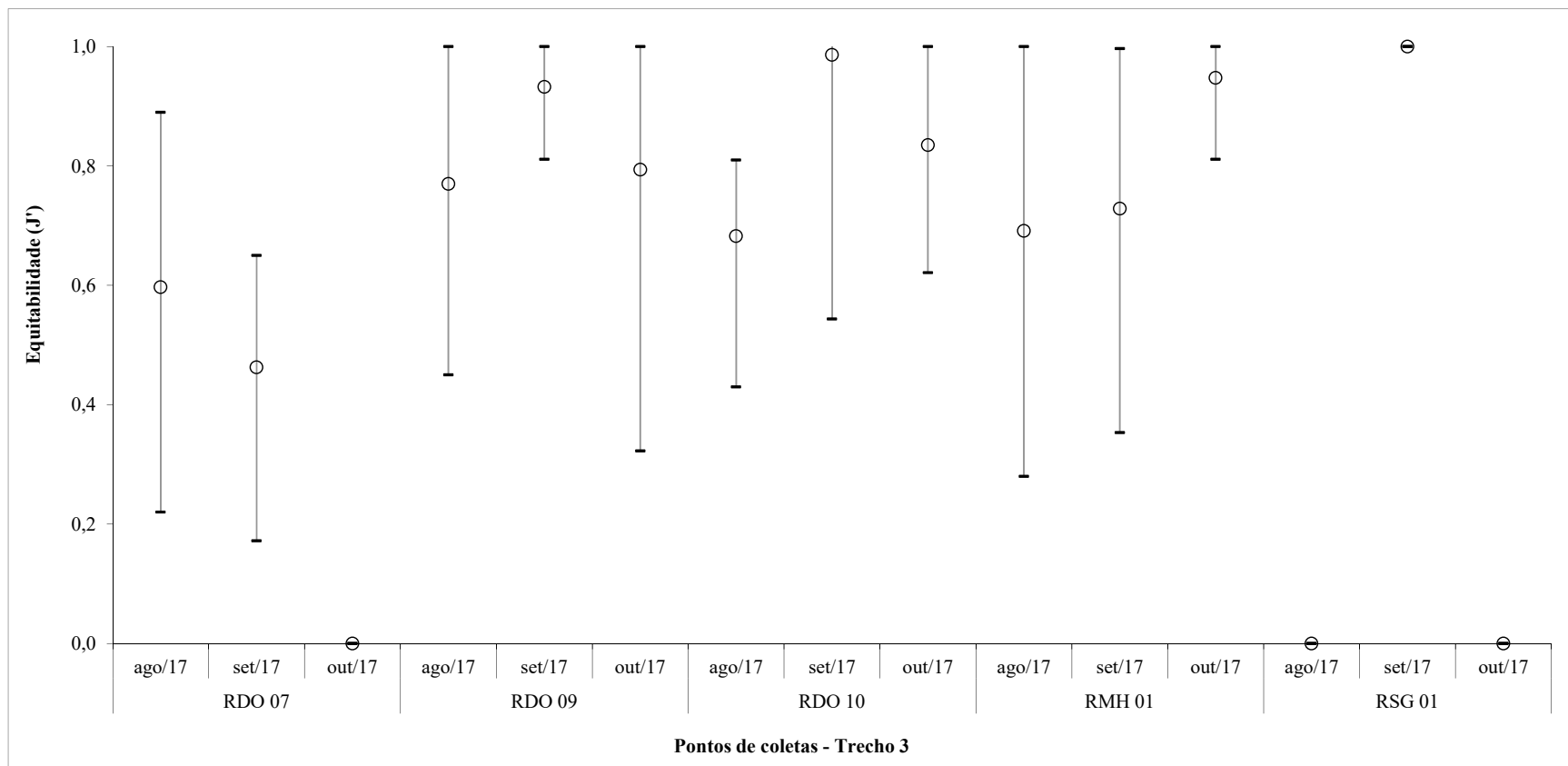
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.124: Variação do Índice de Simpson de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.125: Variação da Equitabilidade de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 3, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

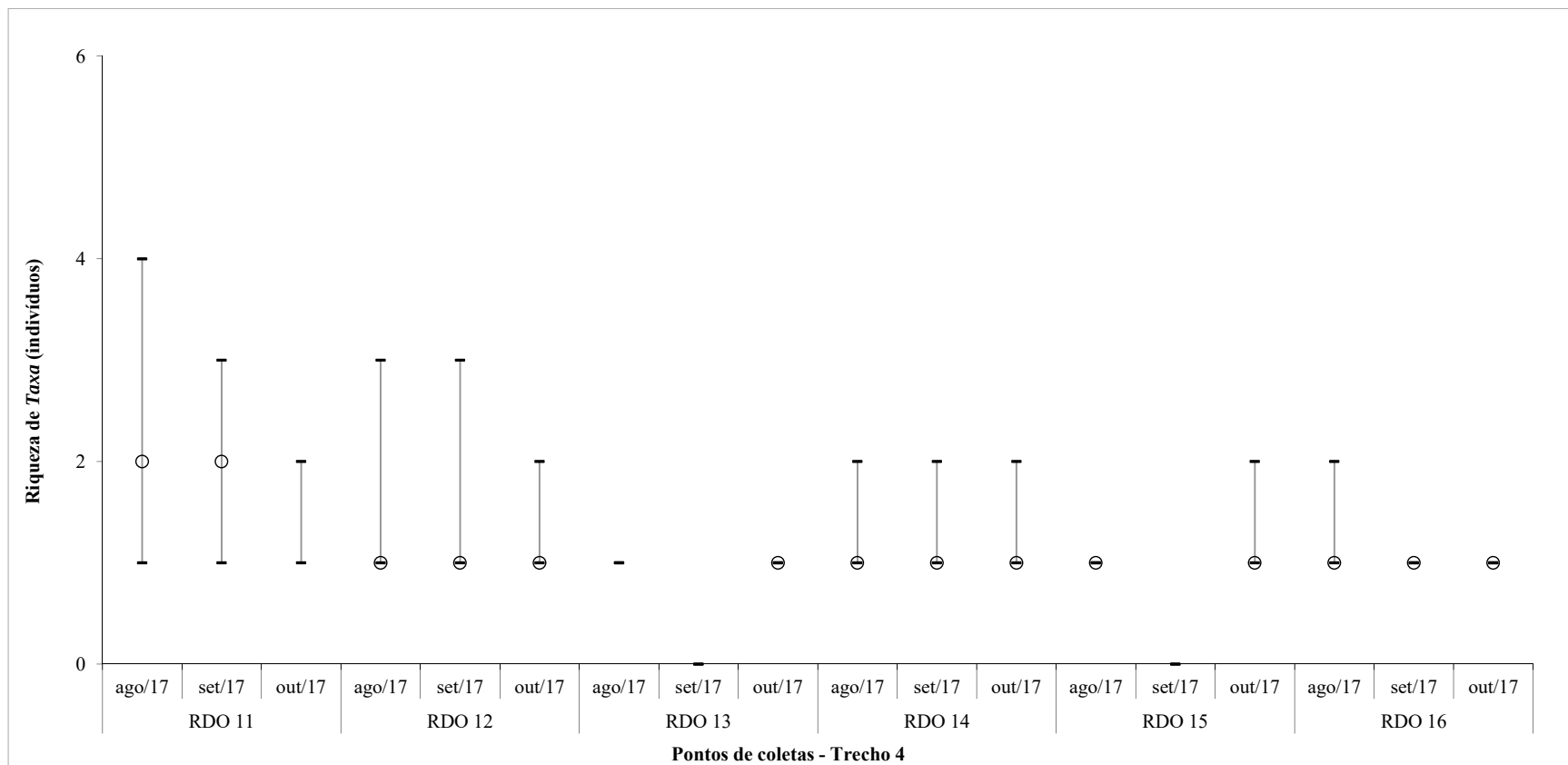
5.10.2.4 Trecho 4

O Trecho 4 é compreendido por seis pontos de coleta, para o estudo de zoobentos. No trimestre foram coletadas 3676 indivíduos (abundância absoluta) e 17 *taxa*

no total, sendo o trecho que apresentou a menor riqueza de *taxa*, e também de abundância, além do Trecho 1. No mês de Agosto a riqueza variou entre dois à seis *taxa*, e nos meses de Setembro e Outubro, de um e cinco, ambos (Gráfico 5.126). Os valores obtidos para o BMWP-CETEC classificaram quase todos pontos do trecho como “muito ruim”, nas três campanhas, exceção ao ponto RDO 12 na campanha de Agosto, classificado como “ruim”. Os valores obtidos para o IBM classificaram a maioria dos pontos desse trecho “regular”, destacando-se novamente o ponto RDO 11 como “bom” em Agosto e Outubro.

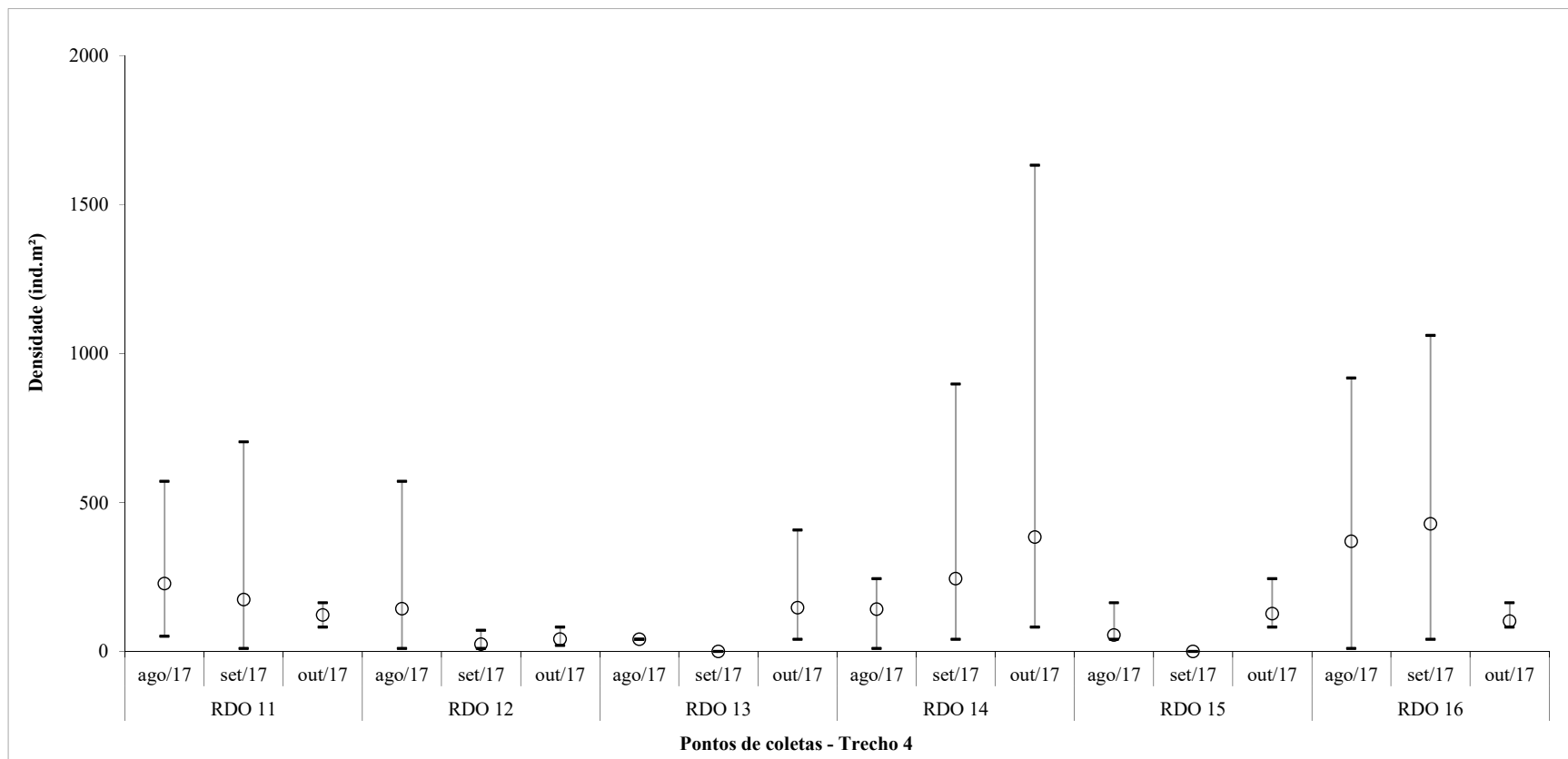
A riqueza de *taxa* encontrada dentre as réplicas viáveis durante o período varia entre 1 e 4 *taxa*, tendendo à 1. A densidade neste trecho entre as réplicas viáveis durante o período variou de 10,2 a 1.633 ind./m², e sempre tendendo a valores inferiores à 500 ind./m².

Gráfico 5.126: Variação da Riqueza de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

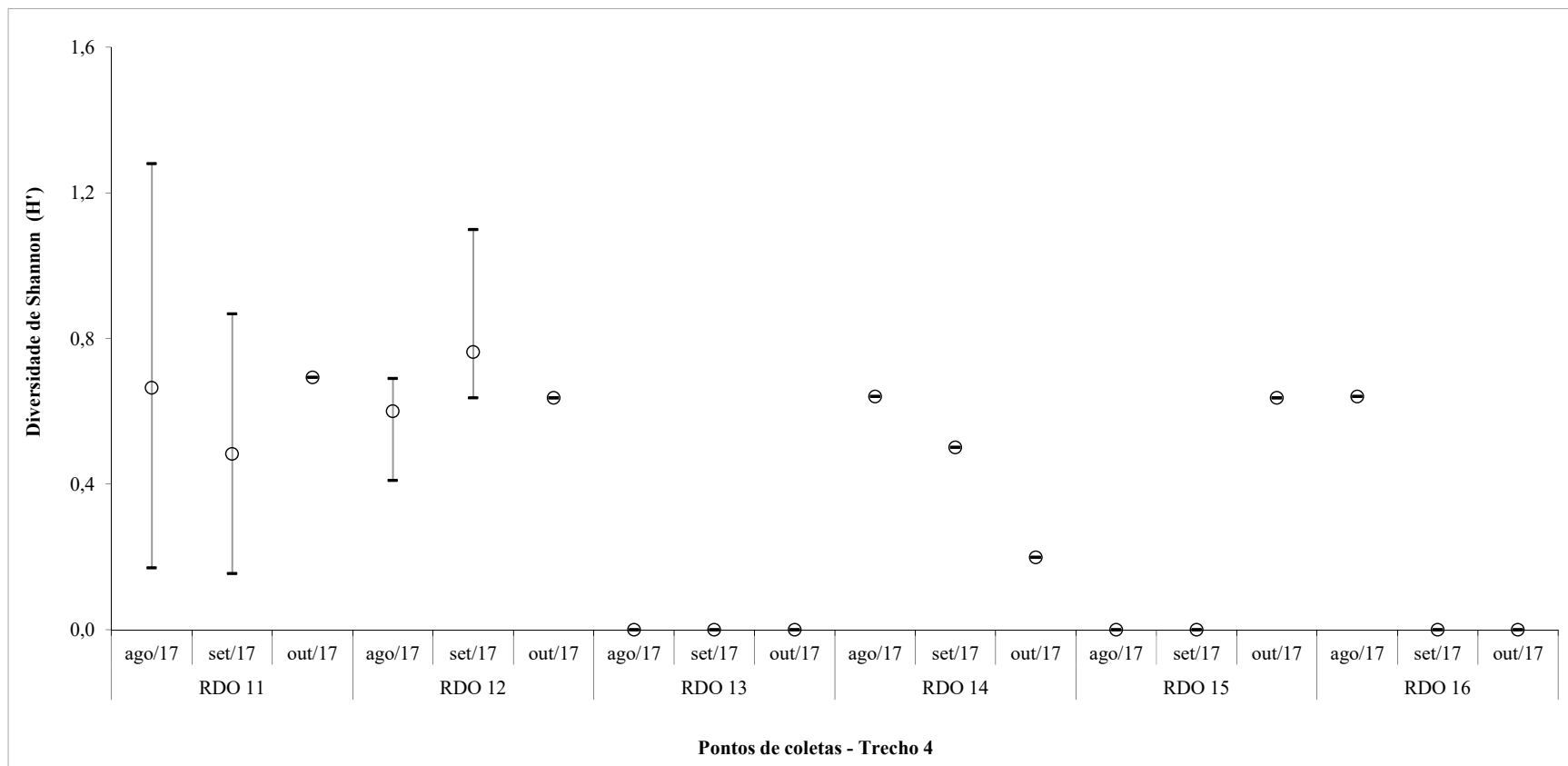
Gráfico 5.127: Variação da Densidade de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

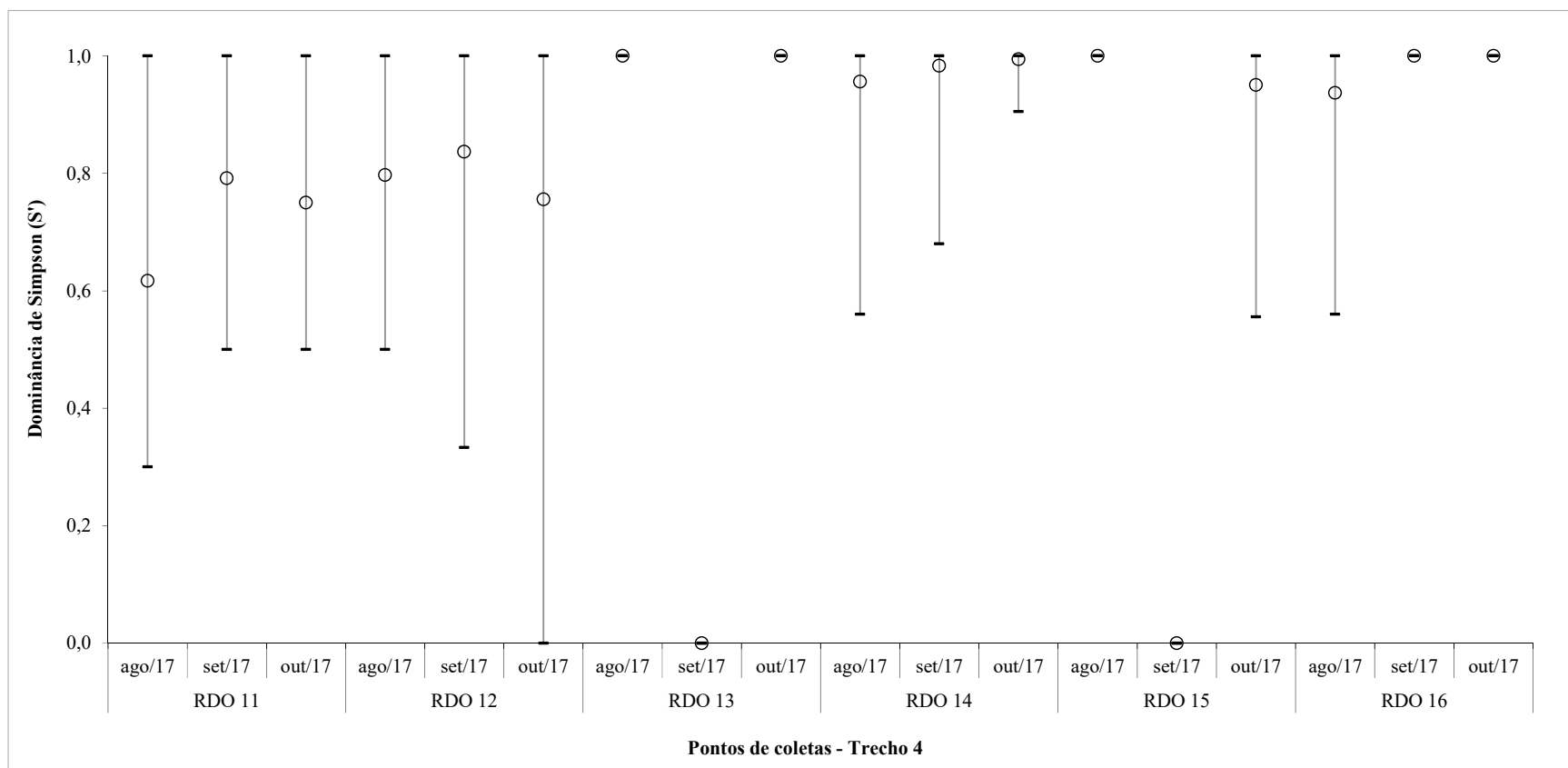
Nesse trecho, a variação do Índice de Shannon, entre as réplicas viáveis foi de 0,15 à 1,28 (Gráfico 5.13); enquanto que, a variação do Índice de Dominância de Simpson, para réplicas viáveis foi de 0,30 a 1 (Gráfico 5.129); e, entre 0,22 a 1 para a Equitabilidade (Gráfico 5.130). A redução da variabilidade desses índices é reflexo da relativa redução da riqueza de *taxa* nesse trecho.

Gráfico 5.128: Variação do Índice de Shannon de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



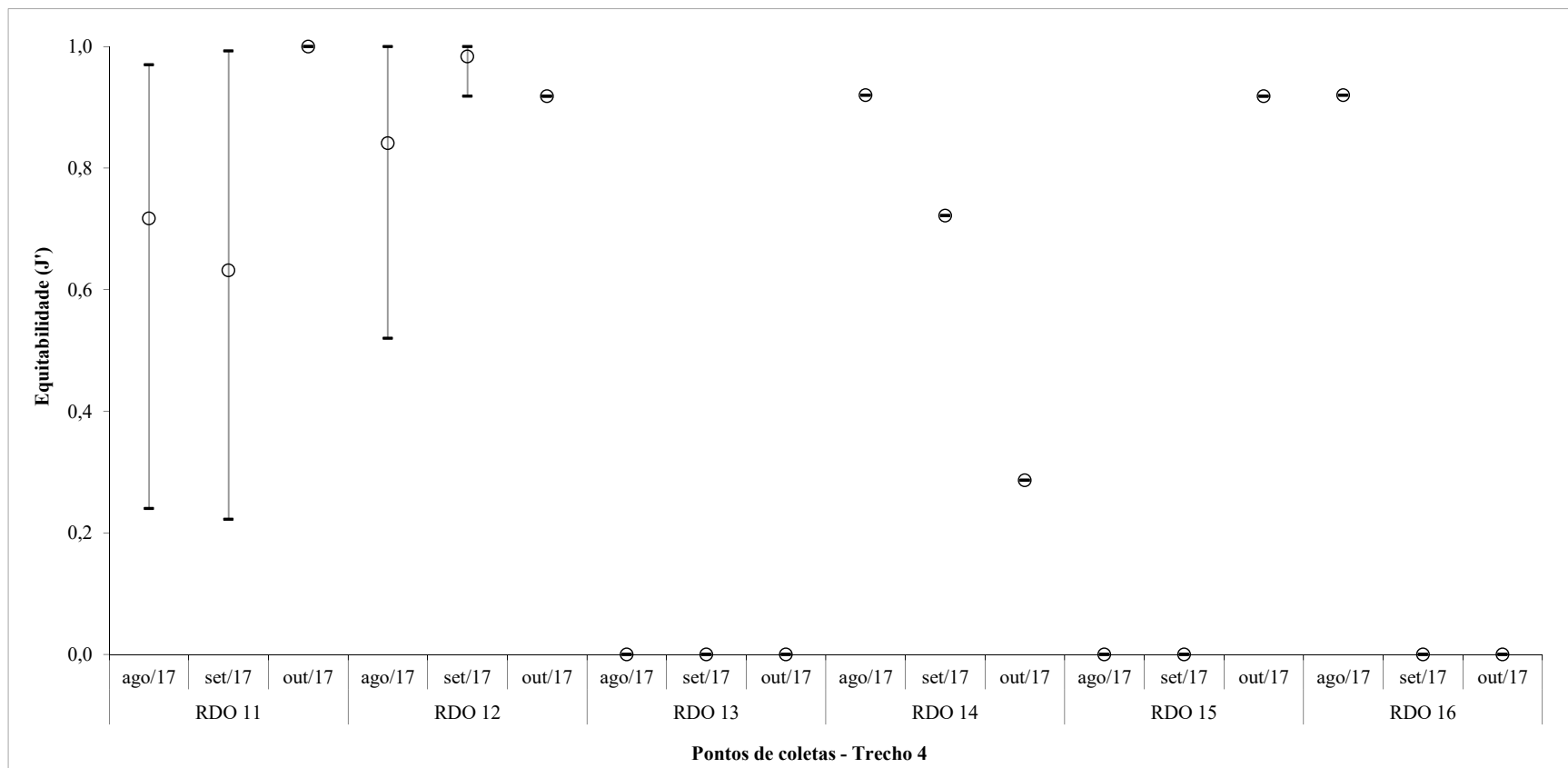
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.129: Variação do Índice de Simpson de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

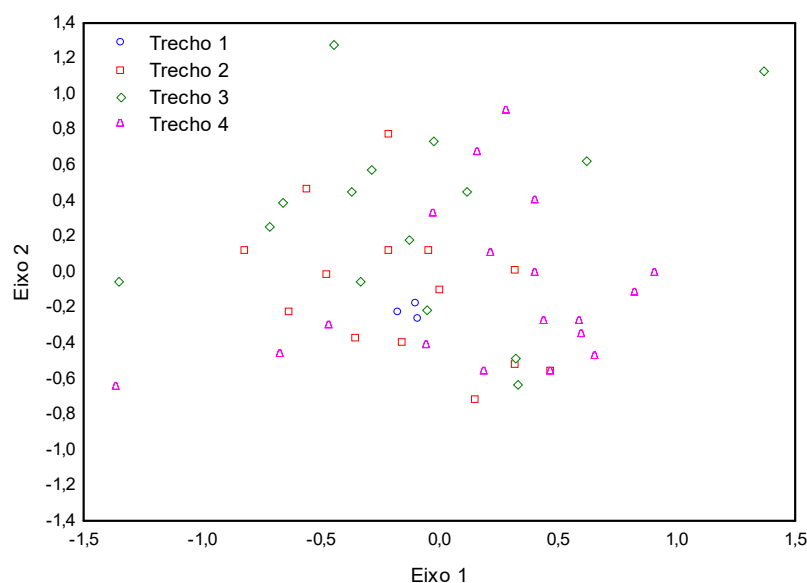
Gráfico 5.130: Variação da Equitabilidade de *Taxa* de Zoobentos no Trecho 4, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os eixos do NMDS espacial capturaram uma parte da variação entre os pontos apresentando um stress de 0,2, que é considerado o máximo ideal para corresponder a um ajuste regular. Entretanto, na análise visual do gráfico não foi evidenciada separação entre os trechos (Gráfico 5.131).

Gráfico 5.131: Representação gráfica dos dois primeiros eixos do NMDS, mostrando a organização espacial do zoobentos nos trechos amostrados.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Os resultados da Permanova corroboraram em partes os resultados obtidos pela NMDS e a análise visual do gráfico, e apontaram diferenças significativas apenas entre os trechos dois e três, e entre os trechos três e quatro na composição do zoobentos (Tabela 5.138).

Tabela 5.138: Resultados da PERMANOVA de zoobentos para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$.

Tipo	Df	Soma dos quadrados	F	R2	P
Trecho 1 x Trecho 2	1	0,388	1,58	0,08	0,12
Trecho 1 x Trecho 3	1	0,186	0,51	0,03	0,89
Trecho 1 X Trecho 4	1	0,314	1,001	0,05	0,37
Trecho 2 x Trecho 3	1	0,814	2,63	0,08	0,006
Trecho 2 x Trecho 4	1	0,340	1,20	0,03	0,29
Trecho 3 x Trecho 4	1	0,620	1,80	0,05	0,05

Fonte: Fundação Renova, 2017.

O Trecho 3 apresentou os melhores resultados, do que os demais trechos, onde foram registradas a maior abundância e riqueza de *taxa* do zoobentos, assim como os resultados mais satisfatórios para o índice BMWP, e IBM. Um maior número de *taxa* distribuídos de forma mais equitativa, conferiu a este trecho os maiores valores do Índice de Diversidade de Shannon, e um menor valor de dominância de Simpson, indicando de uma certa forma, a ausência de organismos dominantes (MAGURRAN, 2004). Nos Trechos 1 e 4 foram registradas as maiores dominâncias de espécies, e por conseguinte, as menores diversidade e riqueza, lembrando que, o Trecho 1 contendo apenas um ponto de coleta, pode ter influenciado esses baixos valores.

Nota-se a alta frequência de ocorrência da família Chironomidae (30 dos 51 unidades amostrais), sendo que a abundância relativa desta família está constantemente associada à ambientes hipóxicos devido à decomposição de matéria orgânica excessiva (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995; CALLISTO et al., 2001). Esta família é considerada muito comum em ecossistemas aquáticos, devido à sua plasticidade metabólica e alimentar, o que permite uma elevada taxa de sobrevivência e permanência em diferentes ambientes, não possuindo nenhum tipo de exigência quanto à diversidade de habitats e microhabitats (TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO, 1995; CALLISTO et al., 2001).

Além disso, cabe destaque a presença da espécie invasora *Corbicula fluminea* (MÜLLER, 1774) em 49 das 51 unidades amostrais. Este molusco bivalve de água doce endêmico do sudeste da Ásia (McMAHON, 1982), vem sendo registrado por diversos trabalhos no Brasil (BEASLEY et al, 2003; CALLIL & MANSUR, 2002; MANSUR & GARCES, 1988; MANSUR et al., 2004). Seu sucesso é devido à sua resistência à estresse ambiental, adaptabilidade à diversos substratos, alta capacidade reprodutiva, alto crescimento e capacidade de filtrar grandes volumes de água (MANSUR & GARCES, 1988).

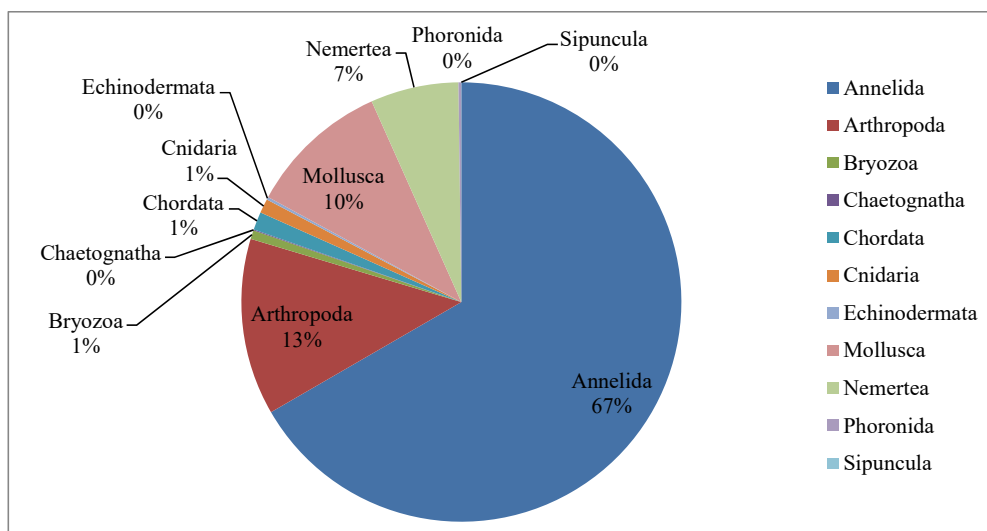
5.11 Biota Aquática – Estuários e Zona Costeira

5.11.1 Zoobentos Marinho

5.11.1.1 Macrofauna

A macrofauna marinha é constituída por animais com tamanho superior a 0,5 mm e que apresentam relações diretas com o substrato de fundo (DAY *et al.*, 1989). Os pontos de coletas da área de estudo foram agrupados em sub-regiões denominadas Zona Costeira Norte, Estuário Norte, Zona Costeira Sul e Estuário Sul. Nos ambientes investigados foram quantificados ao todo 120.393 org./m², distribuídos em 99 *taxa* (Anexo V e Gráfico 5.132), distribuídos em 16 filos, sendo Annelida o mais representativo com 65% do total, seguido por Arthropoda (14%) e Mollusca (10%). Esses três filos são comumente registrados como os mais abundantes na macrofauna marinha (PICHON 1967; MCLACHLAN & BROWN, 2006). 10 *taxa* foram comuns às quatro sub-regiões; 24 foram comuns à três; 53 comuns à duas, e foram registradas 12 *taxa* exclusivas apenas no Estuário Sul. Temporalmente, foi registrado um declínio na densidade com o passar dos meses sendo na campanha de Agosto a maior com 89.201 org/m², seguido de Setembro com 19.790 org/m², e por fim Outubro com 11.402 org/m². Com relação à riqueza de espécies, o maior valor foi registrado na campanha de Setembro com 74 *taxa* e o menor em Outubro com 43 *taxa* (Anexo V e Gráfico 5.132). Destes, 16 *taxa* foram comuns às três campanhas, 32 *taxa* comuns à duas campanhas; enquanto que, em Agosto e Outubro foram identificados 11 *taxa* exclusivos de cada campanha, e setembro, por sua vez, apresentou 29 *taxa* exclusivos. Esse maior número de *taxa* exclusivos já era esperado nessa campanha devido a maior riqueza específica também registrada nesse mês.

Gráfico 5.132: Percentual dos filos da macrofauna de zoobentos marinho para o período de estudo.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.11.1.2 Estuários

Norte

Nos pontos amostrados no Estuário Norte foram quantificados 12.263 org./m² distribuídos em 36 taxa, sendo o filo Arthropoda o mais abundante representando 65% do total de organismos, seguido por Annelida com 20% (Anexo V).

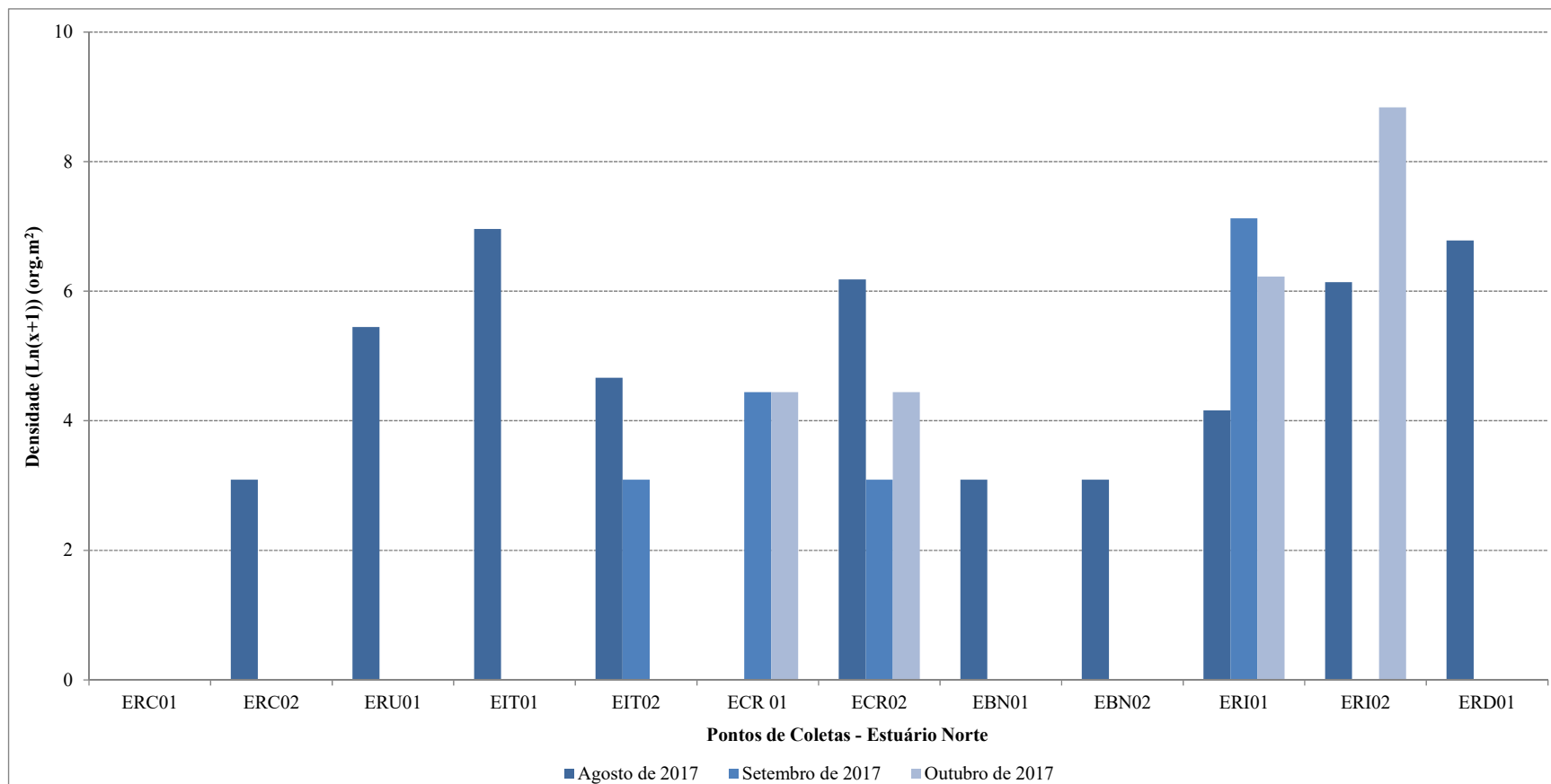
Nos pontos de coletas a densidade da macrofauna no Estuário Norte variou de zero org./m² a 6.883 org./m² (ERN 02 em outubro) (Gráfico 5.133). A riqueza específica variou de zero a 18 taxa (ERD 01 em agosto) (Gráfico 5.134). A equitabilidade de Pielou, variou de 0,26 (ERN 02 em outubro) a 0,96 J' (EIT 02 em agosto) (Tabela 5.138 e Gráfico 5.135). A diversidade de Shannon variou zero (nos pontos em que a riqueza foi igual a zero ou a um) a 2,66 H'log_e (ERD 01 em agosto) (Tabela 5.138 e Gráfico 5.136) e a dominância de Simpson de zero a 0,92 1-Lambda' (ERD 01 em agosto) (Tabela 5.138 e Gráfico 5.137). Vale dizer que das 36 unidades amostrais (ponto de coleta/campanha) desta área, apenas em 18 foram encontrados indivíduos, impossibilitando o cálculo destes atributos para pelo menos 50% das unidades. Ainda, cabe destaque para o ponto ERD 01 em Agosto que registrou a maior riqueza e diversidade, assim como o ponto ERN 02 em Outubro que apresentou a maior densidade, entretanto a menor equitabilidade devido à dominância de Chironomidea neste ponto.

Gráfico 5.139: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ERC01	-	-	-	0,00	0,00	0,00	-	-	-
ERC02	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
ERU01	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
EIT01	0,73	-	-	1,31	0,00	0,00	0,68	-	-
EIT02	0,96	-	-	1,06	0,00	0,00	0,65	0,00	-
ECR 01	-	-	0,81	0,00	0,00	0,56	-	0,00	0,38
ECR02	0,69	-	0,95	0,96	0,00	1,04	0,52	0,00	0,63
EBN01	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
EBN02	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
ERI01	0,92	0,80	0,91	0,64	2,17	1,89	0,45	0,80	0,83
ERI02	-	-	0,27	0,00	0,00	0,43	0,00	-	0,20
ERD01	0,92	-	-	2,66	0,00	0,00	0,92	-	-
ERC01	-	-	-	0,00	0,00	0,00	-	-	-

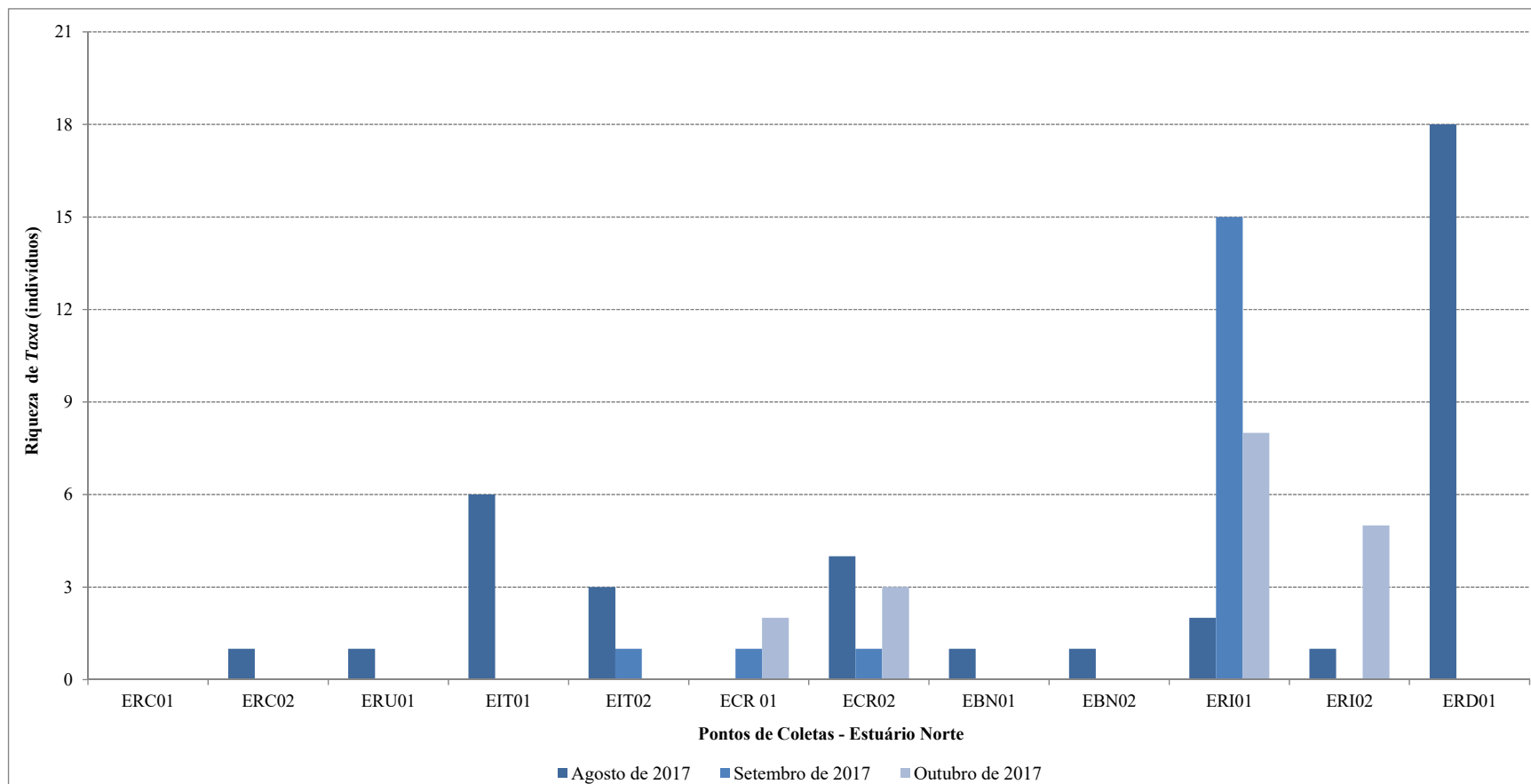
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.133: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



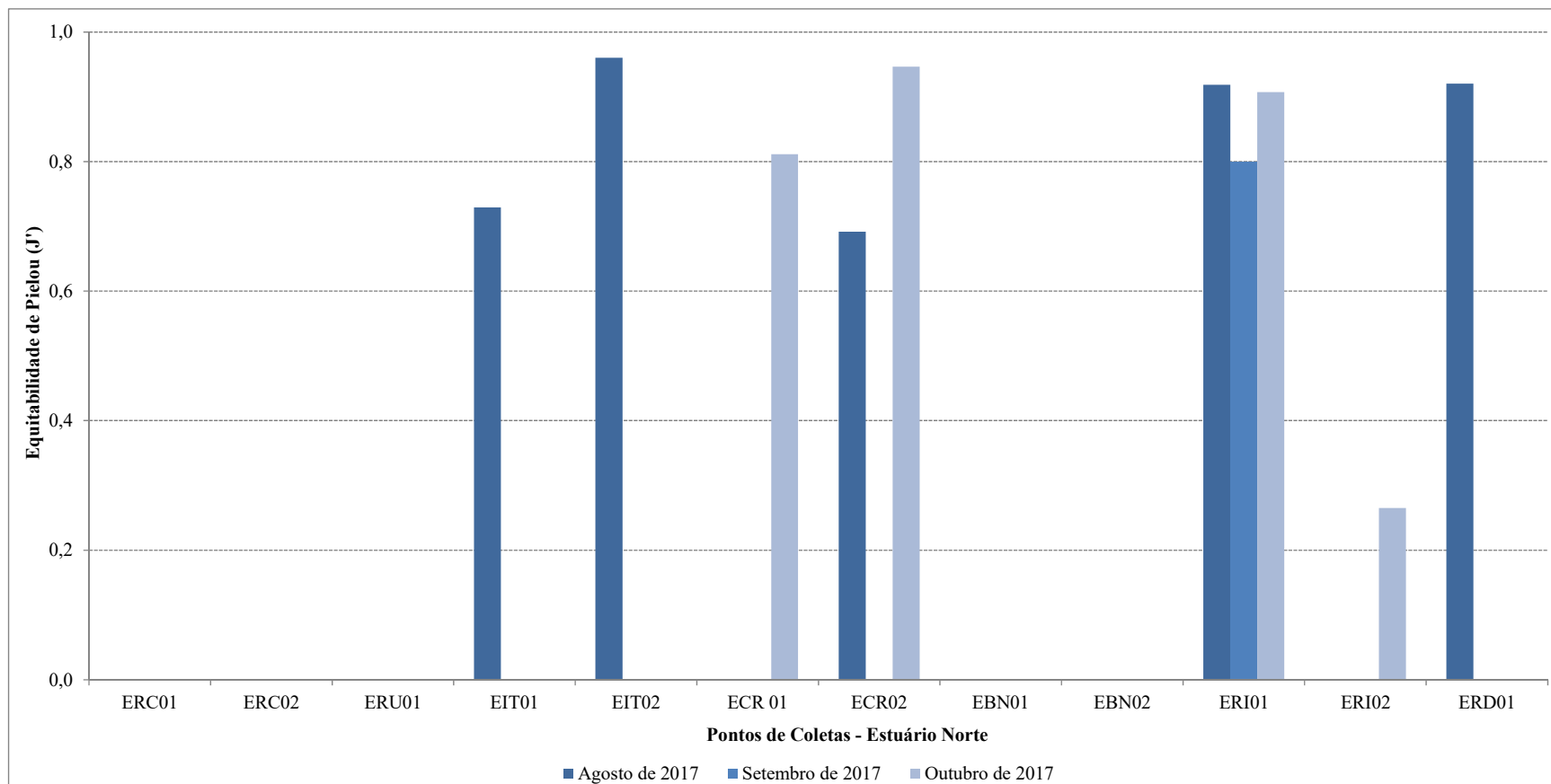
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.134: Variação da Riqueza de *taxa* da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



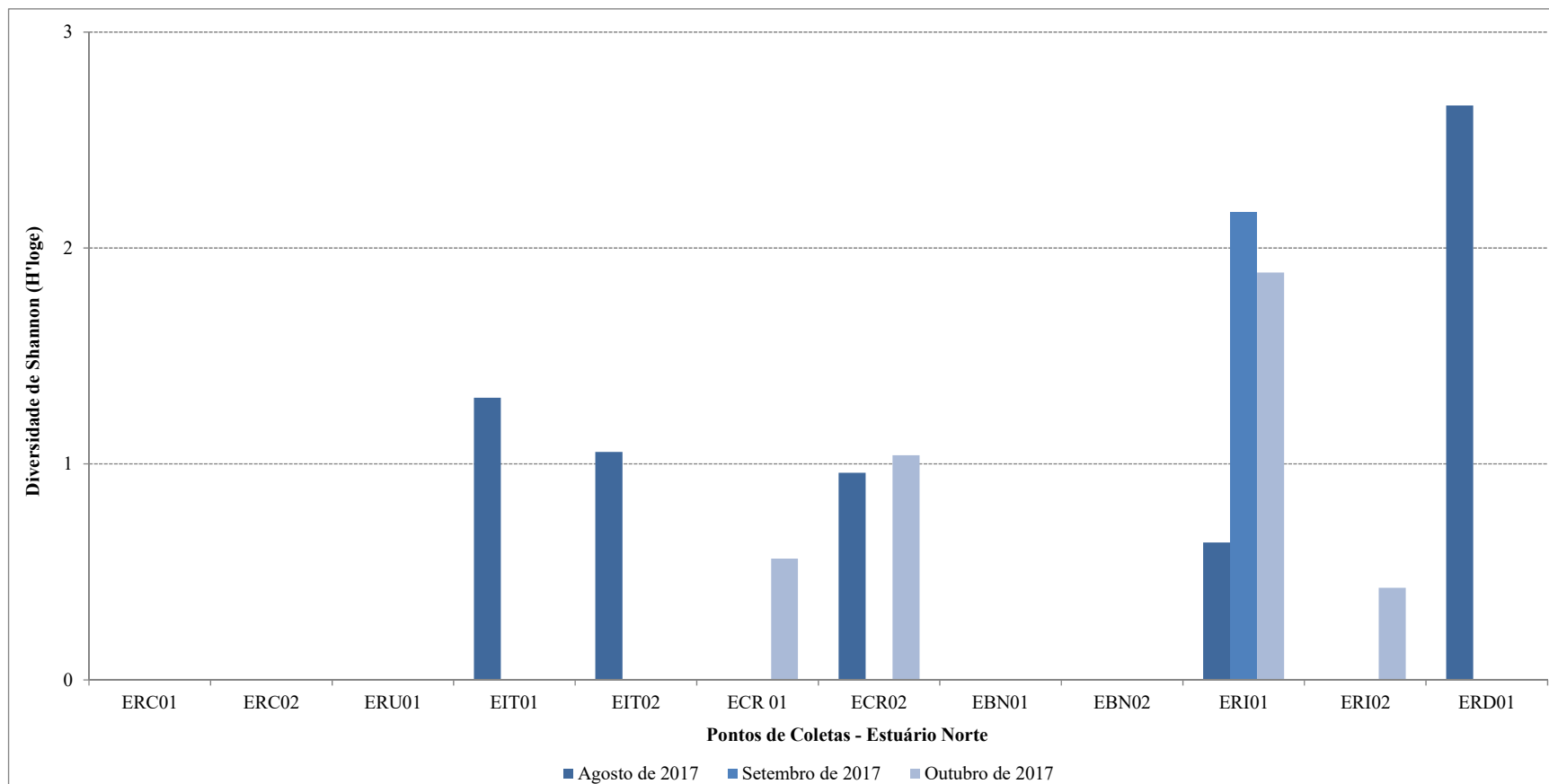
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.135: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



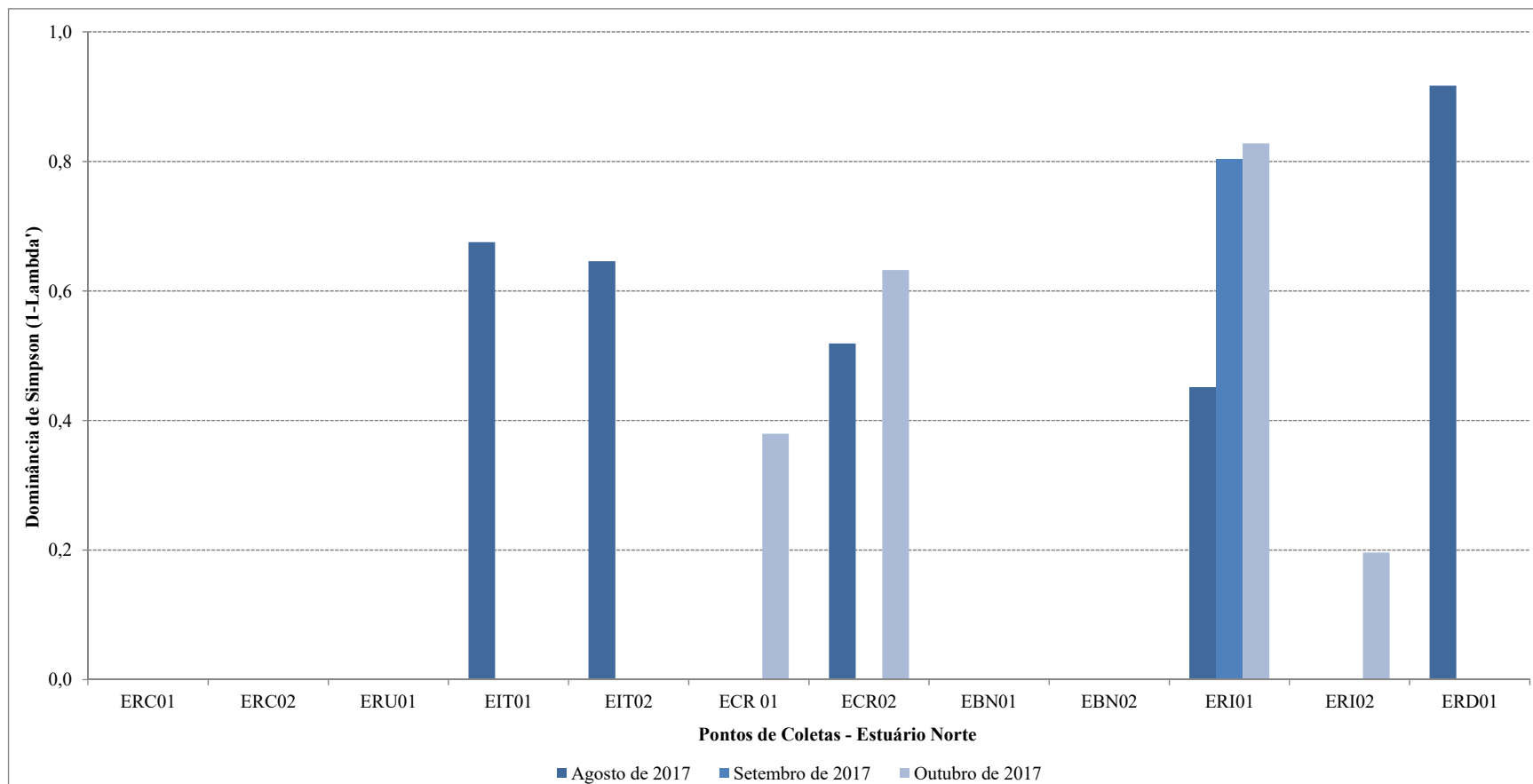
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.136: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.137: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Sul

Nos pontos amostrados no Estuário Sul foram quantificados 64.304 org./m² distribuídos em 38 *taxa*, sendo o filo Anellida dominante representando 93% do total da densidade (Anexo V).

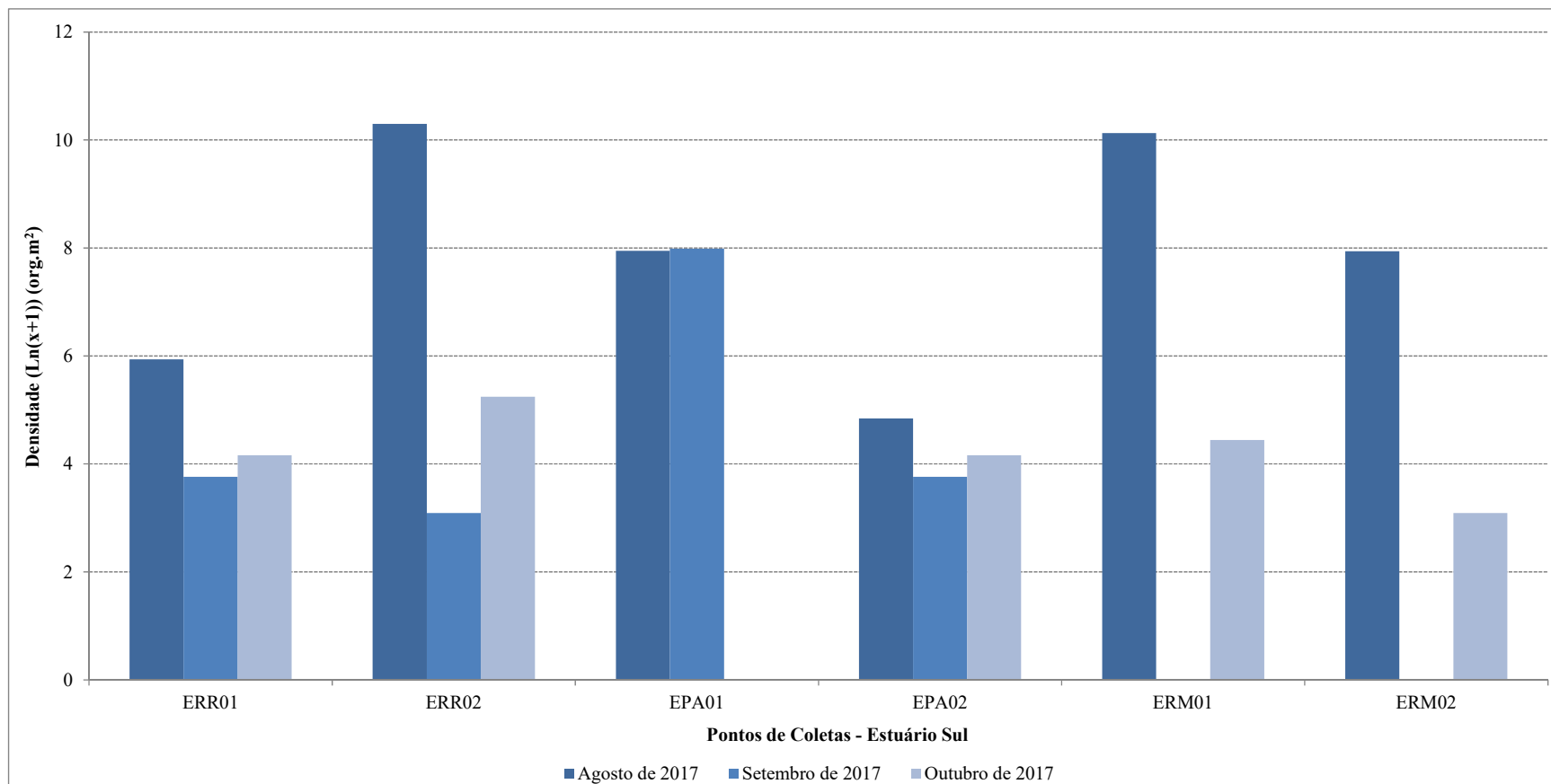
Pontualmente, a densidade da macrofauna variou de zero org./m² (EPA 01 em Outubro, ERM 01 e ERM 02 em Setembro) a 29.660 org./m² (ERR 02 em Agosto). A riqueza específica variou de zero (EPA 01 em Outubro, ERM 01 e ERM 02 em Setembro) a 13 *taxa* (ERR 02 em Agosto). A equitabilidade de Pielou, nos pontos em que foi possível mensurar essa métrica, variou de 0,21 (ERR 02 em Agosto) a 1 J' (ERR 01 e EPA 02 em Outubro). A diversidade de Shannon variou zero (nos pontos em que a riqueza foi igual a zero ou a um) a 1,83 H'loge (EPA 01 em Setembro) (Gráfico 5.142 e Gráfico 5.141) e a diversidade de Simpson de zero a 0,77 1-Lambda' (EPA 01 em Setembro) (Tabela 5.139 e Gráfico 5.142). Cabe destacar que o ponto ERR 02 de Agosto apresentou os maiores valores de densidade e riqueza, entretanto o menor de equitabilidade, indicando que apesar de muitas espécies Capitellidae (Polychaeta) foi dominante sobre as demais.

Tabela 5.139 :Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ERR01	-	-	1,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,68
ERR02	0,22	-	0,92	0,56	0,00	1,27	0,21	0,00	0,70
EPA01	0,33	0,74	-	0,59	1,84	0,00	0,26	0,77	-
EPA02	-	-	1,00	0,00	0,00	1,10	0,00	0,00	0,68
ERM01	0,22	-	-	0,56	0,00	0,00	0,22	-	0,00
ERM02	0,26	-	-	0,41	0,00	0,00	0,18	-	0,00

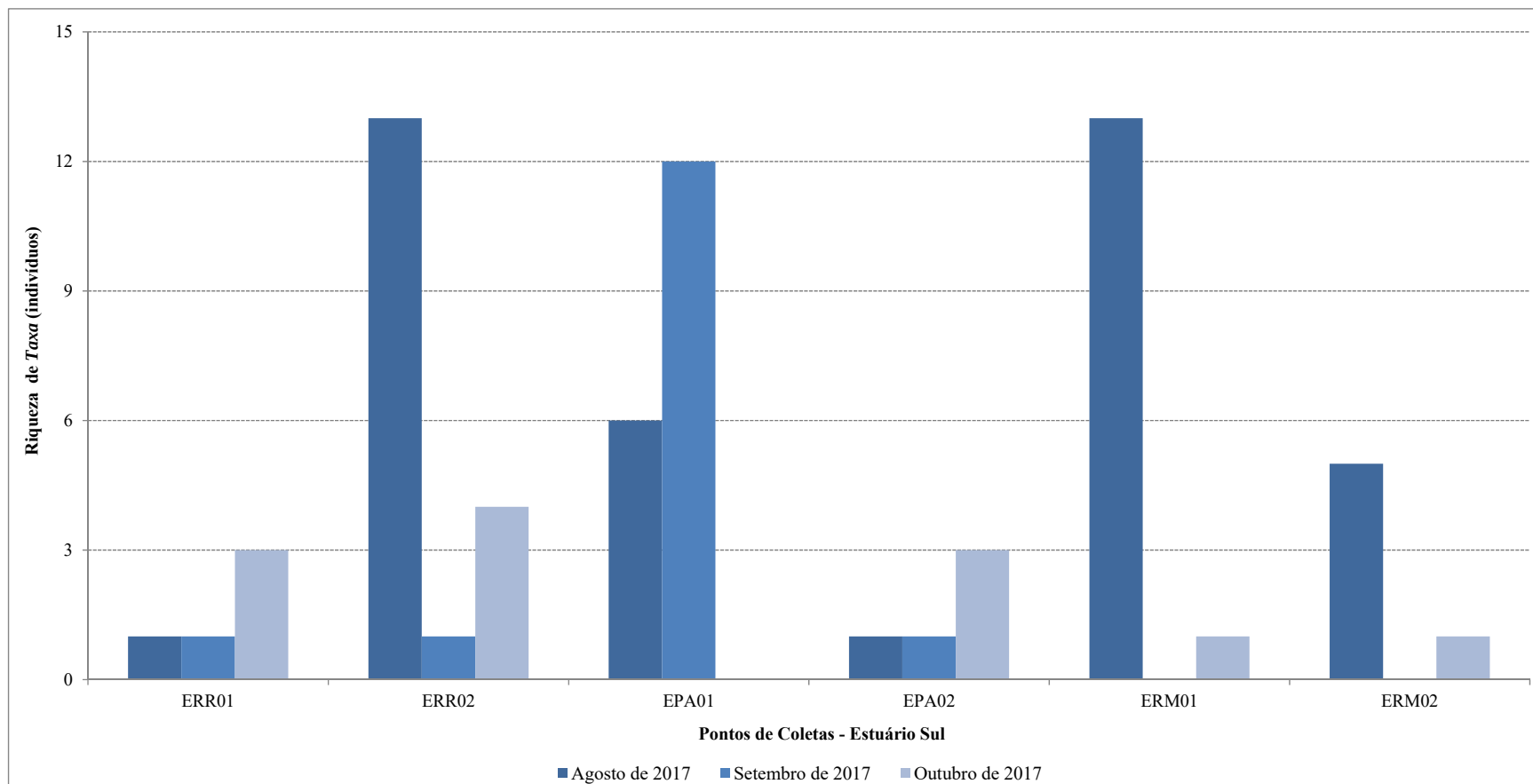
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.138: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



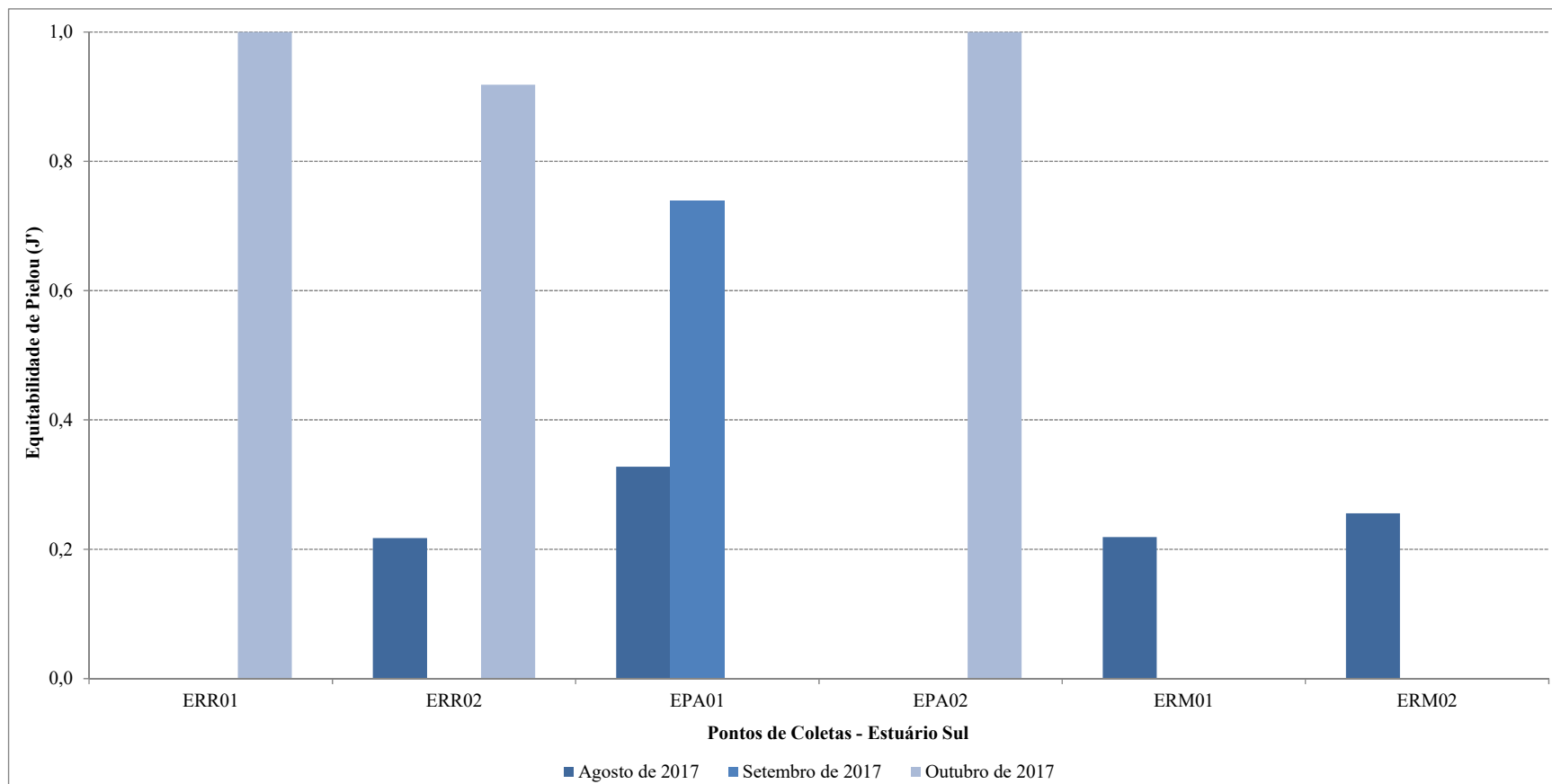
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.139: Variação da Riqueza de taxa da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



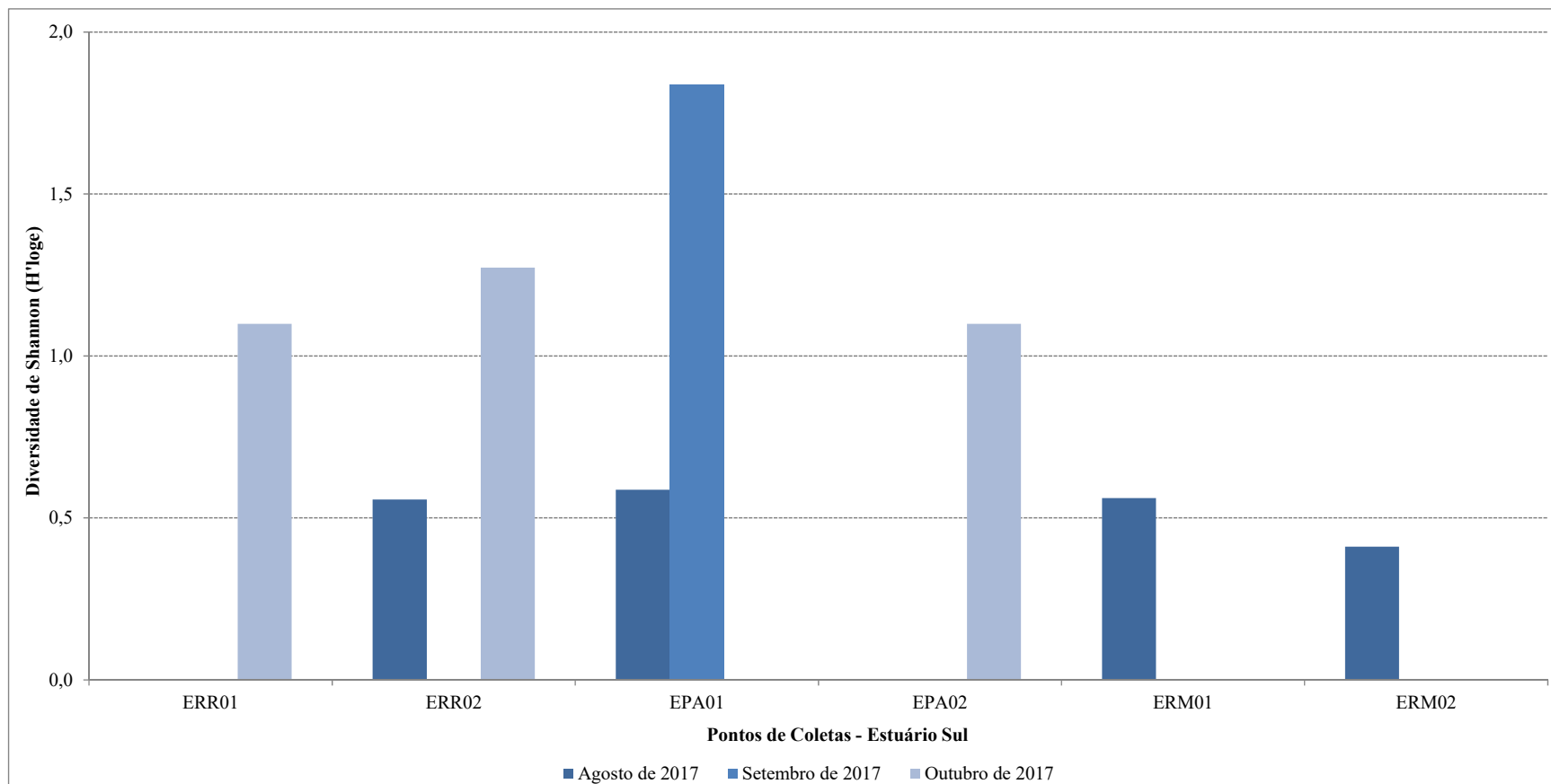
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.140: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



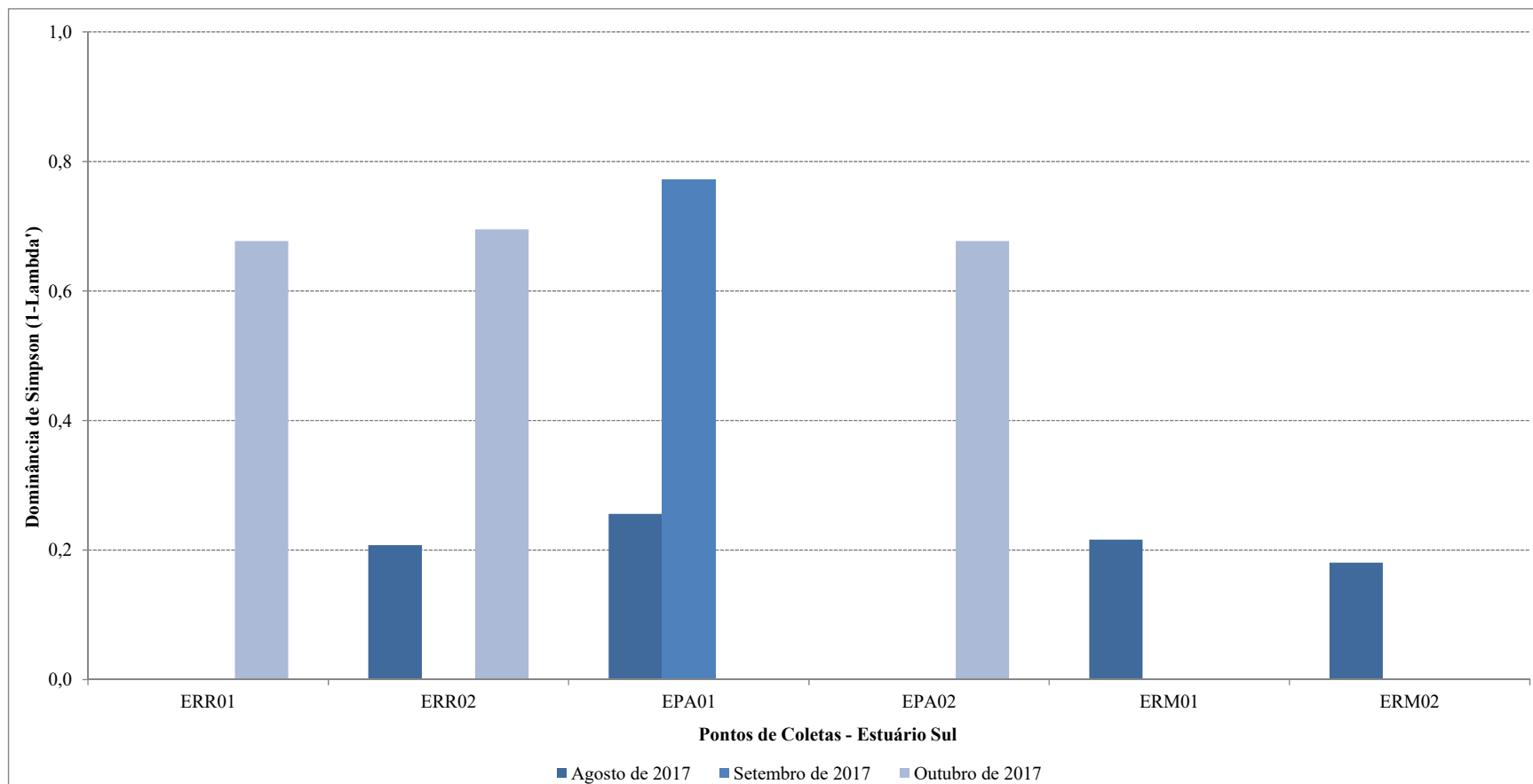
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.141: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.142: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.11.1.3 Zonas Costeiras

Norte

Na Zona Costeira Norte foram quantificados 11.249 org./ m² distribuídos em 55 taxa. O filo mais abundante foi o Annelida (51%), seguido de Mollusca (15%) e Arthropoda (12%) (Anexo V).

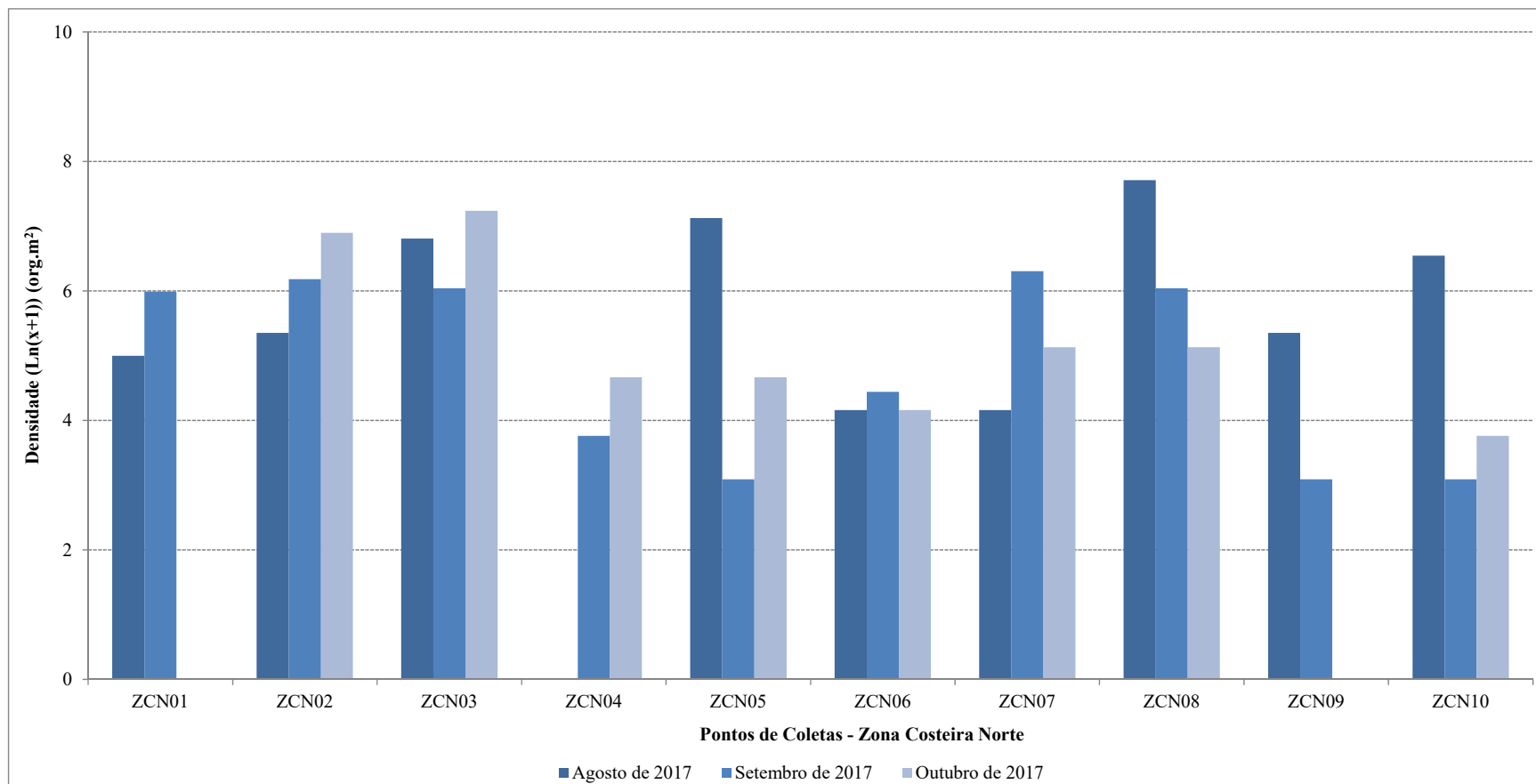
Com relação aos pontos, em em ZCN04, em Agosto, ZCN01 e ZCN09 não foram registrados organismos da macrofauna marinha. A densidade variou de zero a 2.231 org./ m² (ZCN 08 em Outubro) (Gráfico 5.143), enquanto que a riqueza específica foi de zero a 18 taxa (ZCN 08 em Agosto) (Gráfico 5.144). A equitabilidade variou de 0,54 (ZCN 08 em Outubro) a 1 J' (ZCN 07 em Agosto e ZCN 10 em outubro) (Tabela 5.140 e Gráfico 5.145). A diversidade de Shannon variou zero a 2,12 H'loge (ZCN 08 em Agosto) (Tabela 5.140 e Gráfico 5.146), por fim a diversidade de Simpson variou de zero a 0,83 1-Lambda' (ZCN 03 em Setembro) (Tabela 5.140 e Gráfico 5.147). O ponto ZCN 08 em Agosto obteve os maiores valores tanto de riqueza, densidade e diversidade de Shannon, podendo aferir uma boa distribuição entre as espécies neste ponto.

Tabela 5.140: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada no Zona Costeira Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ZCN01	0,98	0,88	-	1,75	1,71	0,00	0,82	0,78	-
ZCN02	0,94	0,79	0,77	1,83	1,54	1,85	0,82	0,73	0,79
ZCN03	0,67	0,92	0,61	1,08	2,13	1,40	0,60	0,86	0,60
ZCN04	-	-	0,87	0,00	0,00	0,95	-	0,00	0,57
ZCN05	0,65	-	0,87	0,90	0,00	0,95	0,46	0,00	0,57
ZCN06	-	0,81	0,92	0,00	0,56	0,64	0,00	0,38	0,45
ZCN07	1,00	0,82	0,67	1,10	1,60	0,74	0,68	0,74	0,41
ZCN08	0,73	0,93	0,54	2,11	1,82	0,38	0,81	0,82	0,22
ZCN09	0,90	-	-	1,61	0,00	0,00	0,76	0,00	-
ZCN10	0,83	-	1,00	2,13	0,00	0,69	0,83	0,00	0,51

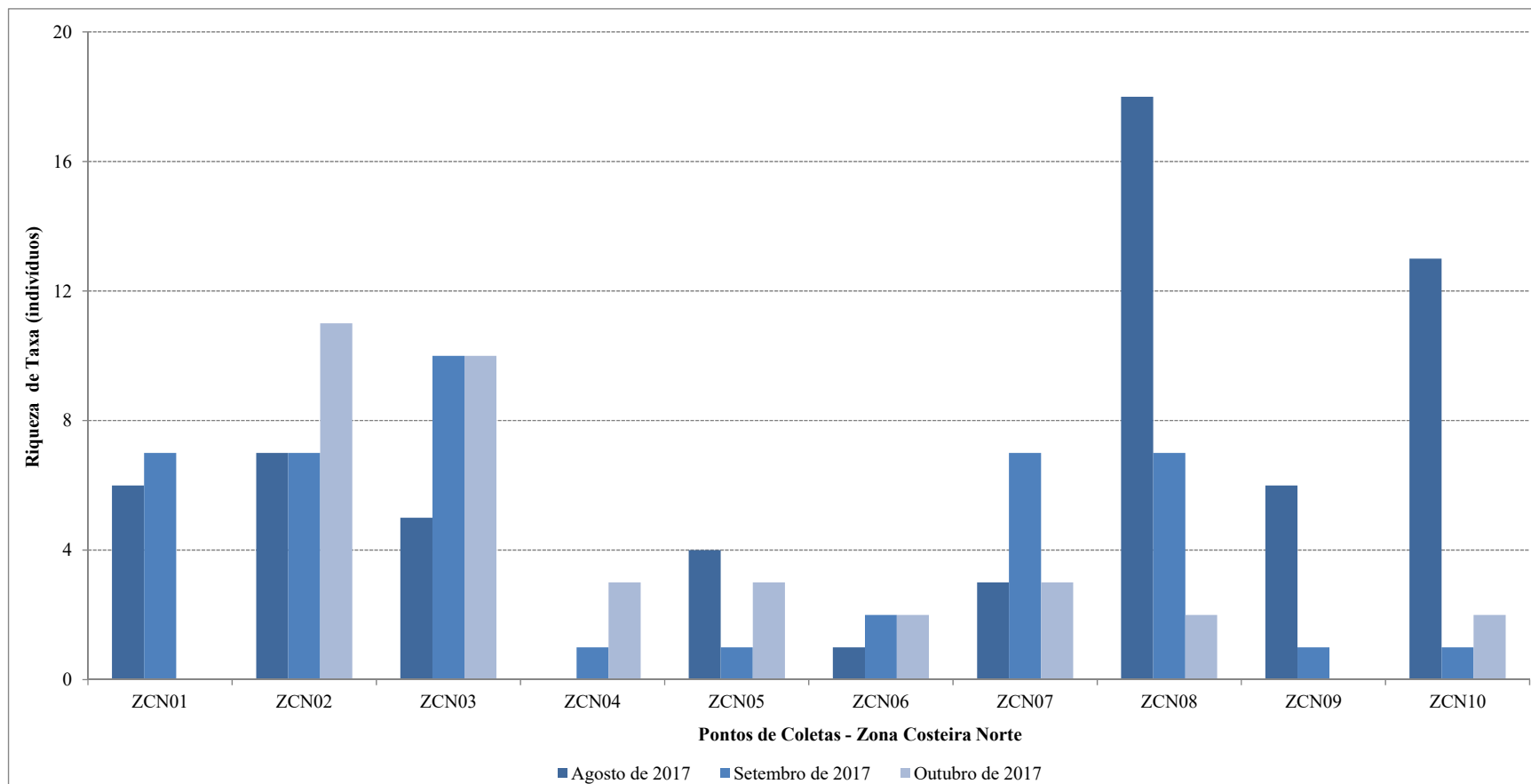
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.143: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



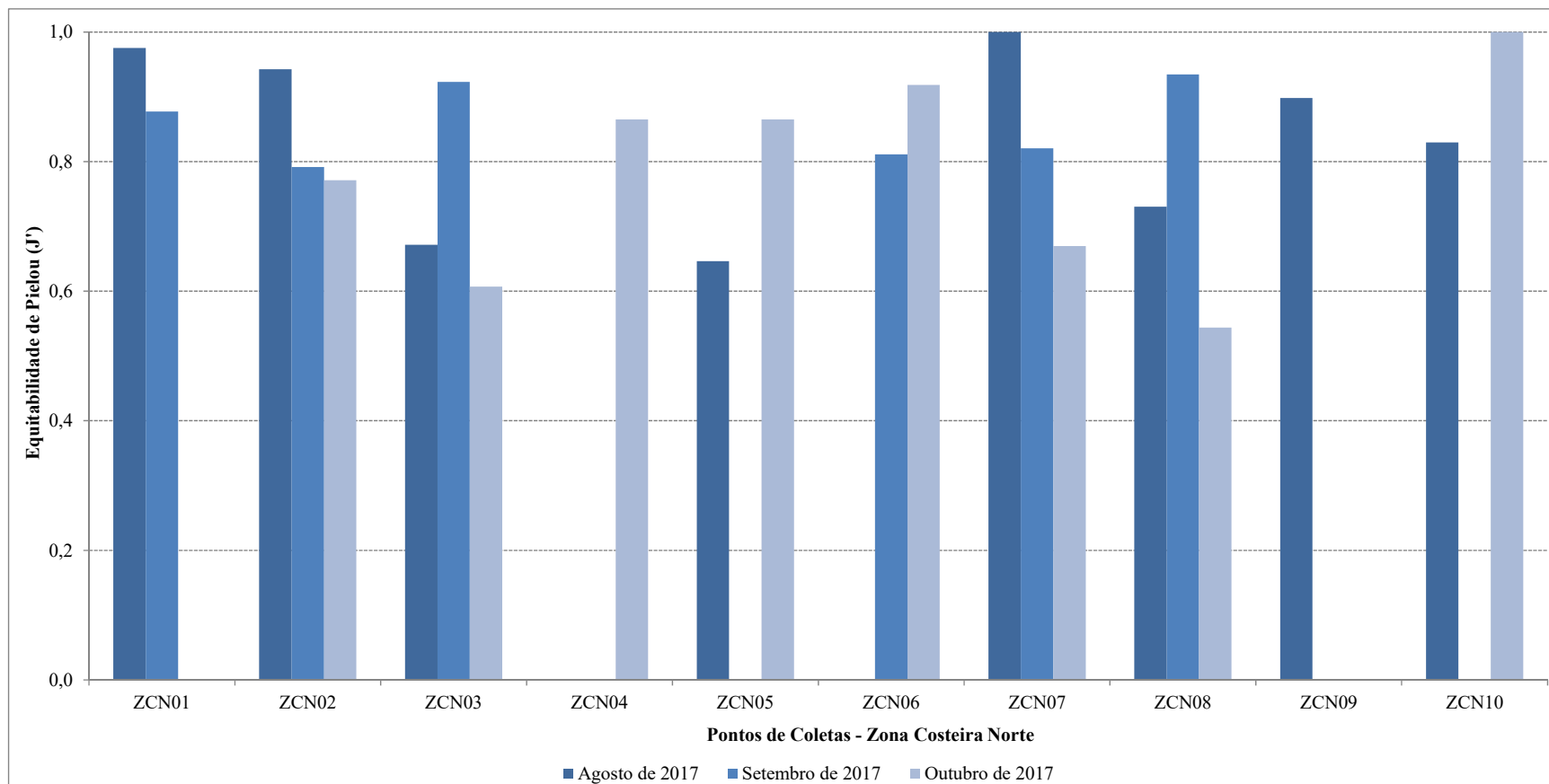
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.144: Variação da Riqueza de *taxa* da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



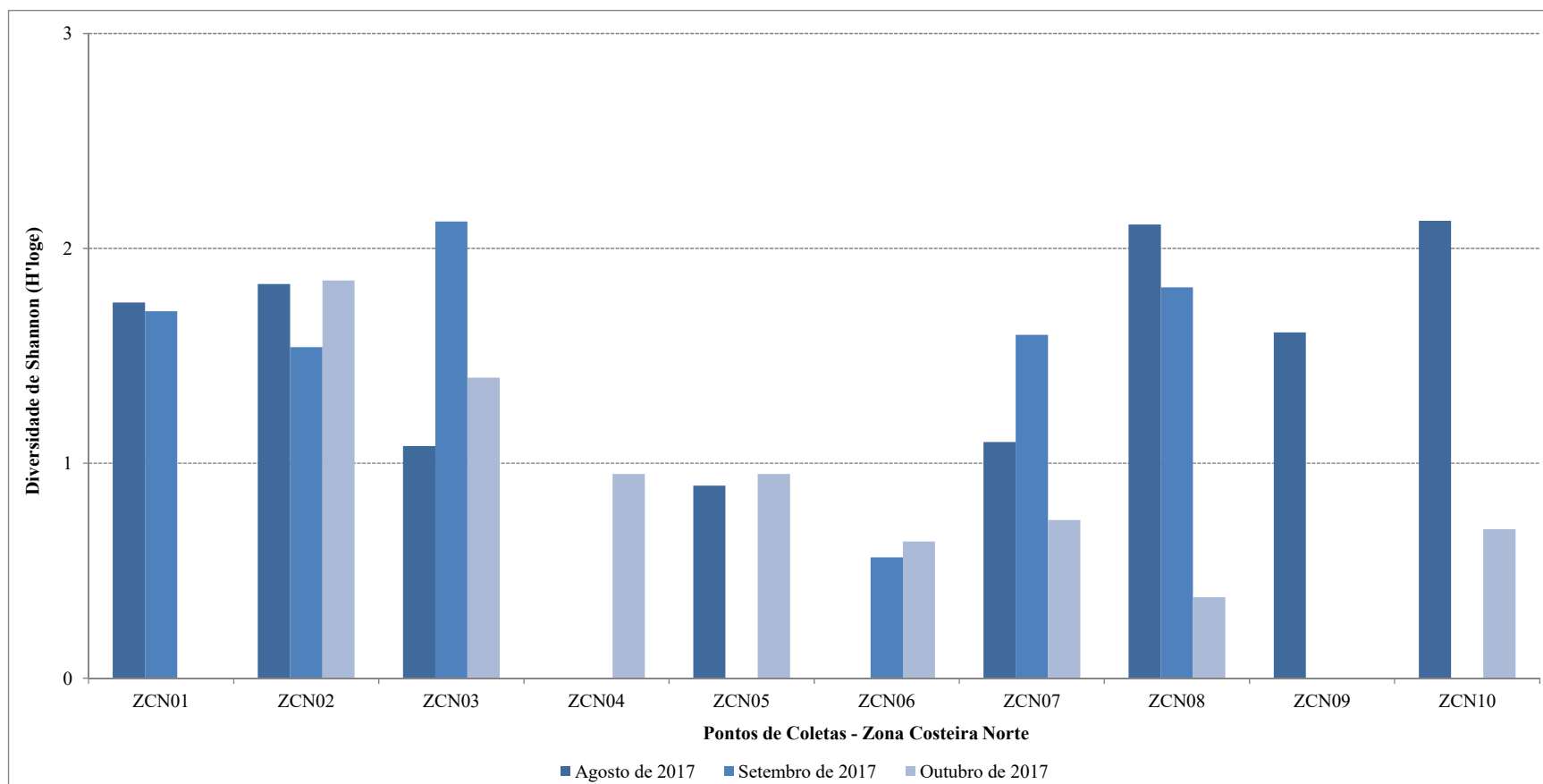
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.145: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



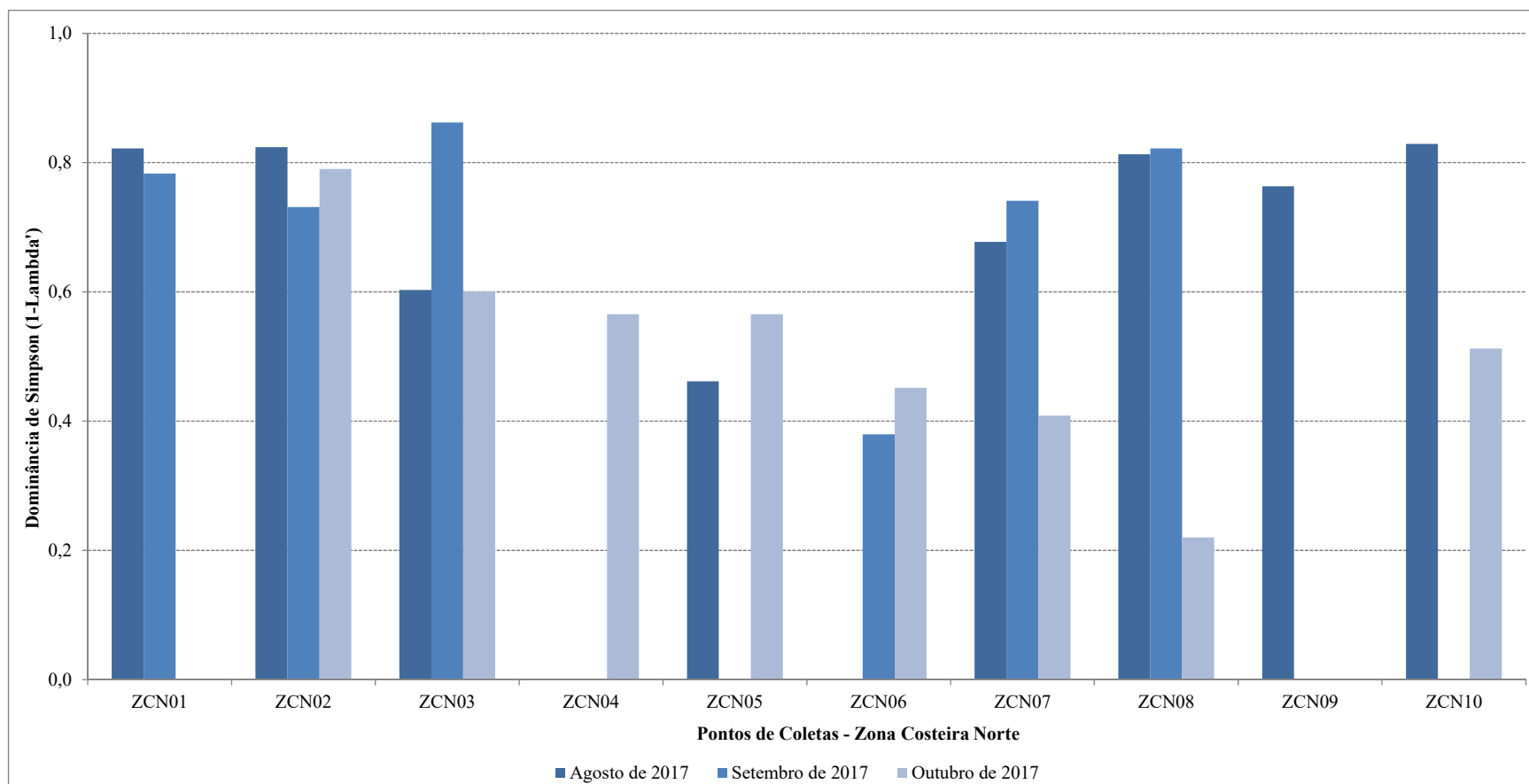
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.146: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.147: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Sul

Nos pontos amostrados na Zona Costeira Sul foram registrados 32.577 org./m² e 57 taxa. Assim como na Zona Costeira Norte os filos Annelida, Mollusca e Arthropoda foram os mais representativos, entretanto ficaram distribuídos de forma mais equitativa neste trecho, sendo o primeiro responsável por 33%, o segundo por 28% e o terceiro por 18% (Anexo V).

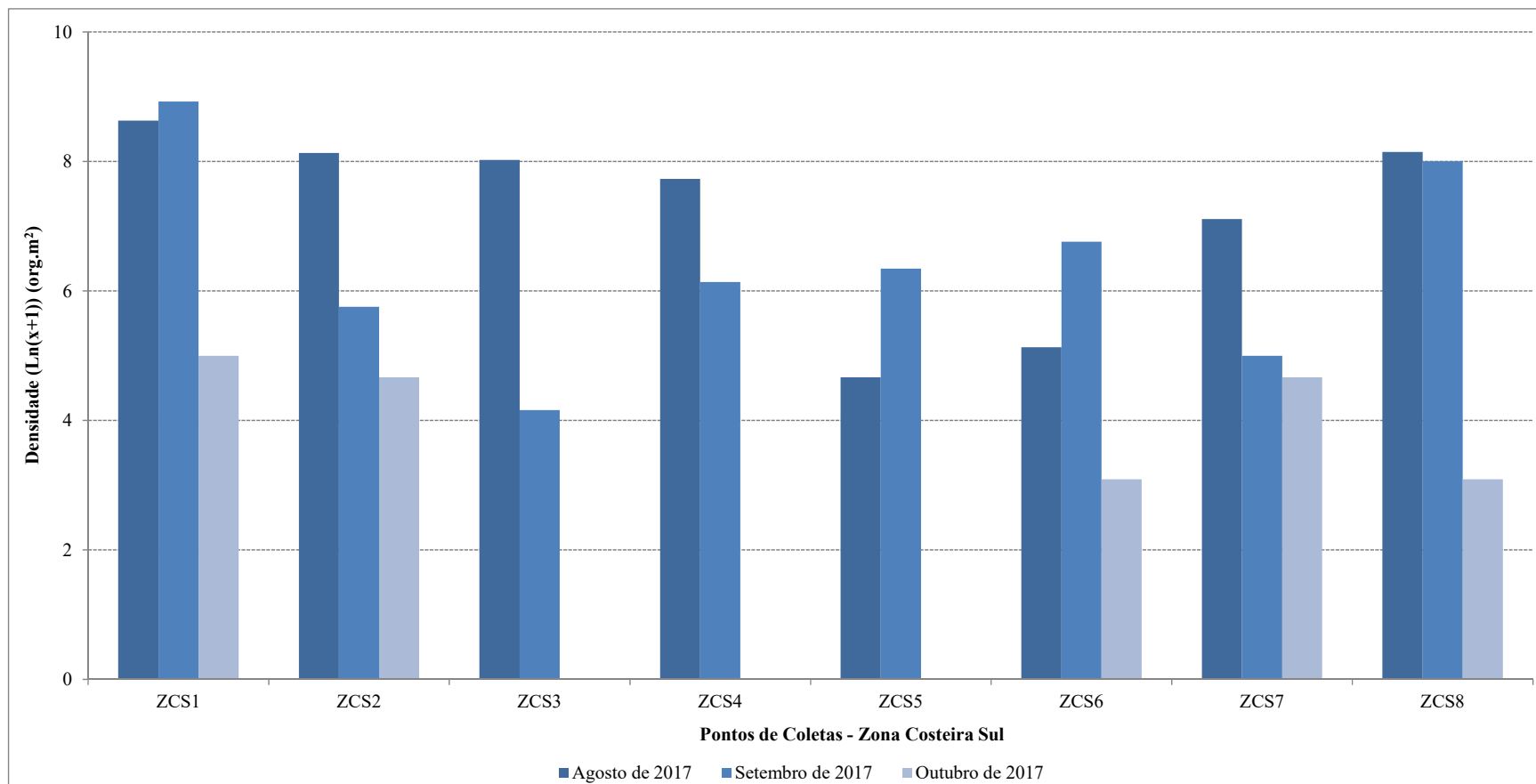
Para esta sub-região em ZCS03, ZCS04 e ZCS05 em Outubro não foram registrados organismos. A densidade variou de zero a 7.513 org./m² (ZCS 01 em Setembro) (Gráfico 5.148), a riqueza variou de zero a 33 taxa (ZCS 8 em Setembro) (Gráfico 5.149), sendo essa a maior riqueza registrada para a macrofauna em todos os trechos. A equitabilidade variou de 0,5 (ZCS 6 em Setembro) a 1 J' (ZCS 2 em agosto e outubro e ZCS 3 em Setembro) (Tabela 5.141 e Gráfico 5.150). A diversidade de Shannon variou de zero a 3,01H'loge (ZCS 8 em Setembro) e Simpson de zero a 0,93 1-Lambda' (ZCS 8 em Setembro) (Tabela 5.141 e Gráfico 5.152).

Tabela 5.141: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de macrofauna nos pontos de coletas encontrada na Zona Costeira Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ZCS1	0,96	0,83	0,92	1,05	2,60	1,28	0,64	0,91	0,70
ZCS2	1,00	0,90	1,00	1,10	2,08	1,61	0,67	0,84	0,81
ZCS3	0,79	1,00	-	1,09	1,10	0,00	0,64	0,68	-
ZCS4	0,90	0,73	-	0,99	1,30	0,00	0,59	0,61	-
ZCS5	0,96	0,91	-	1,33	1,89	0,00	0,73	0,83	-
ZCS6	0,98	0,50	-	1,91	0,90	0,00	0,85	0,41	0,00
ZCS7	0,69	0,91	0,96	0,76	1,00	1,33	0,45	0,62	0,73
ZCS8	0,71	0,86	-	0,98	3,02	0,00	0,57	0,93	0,00

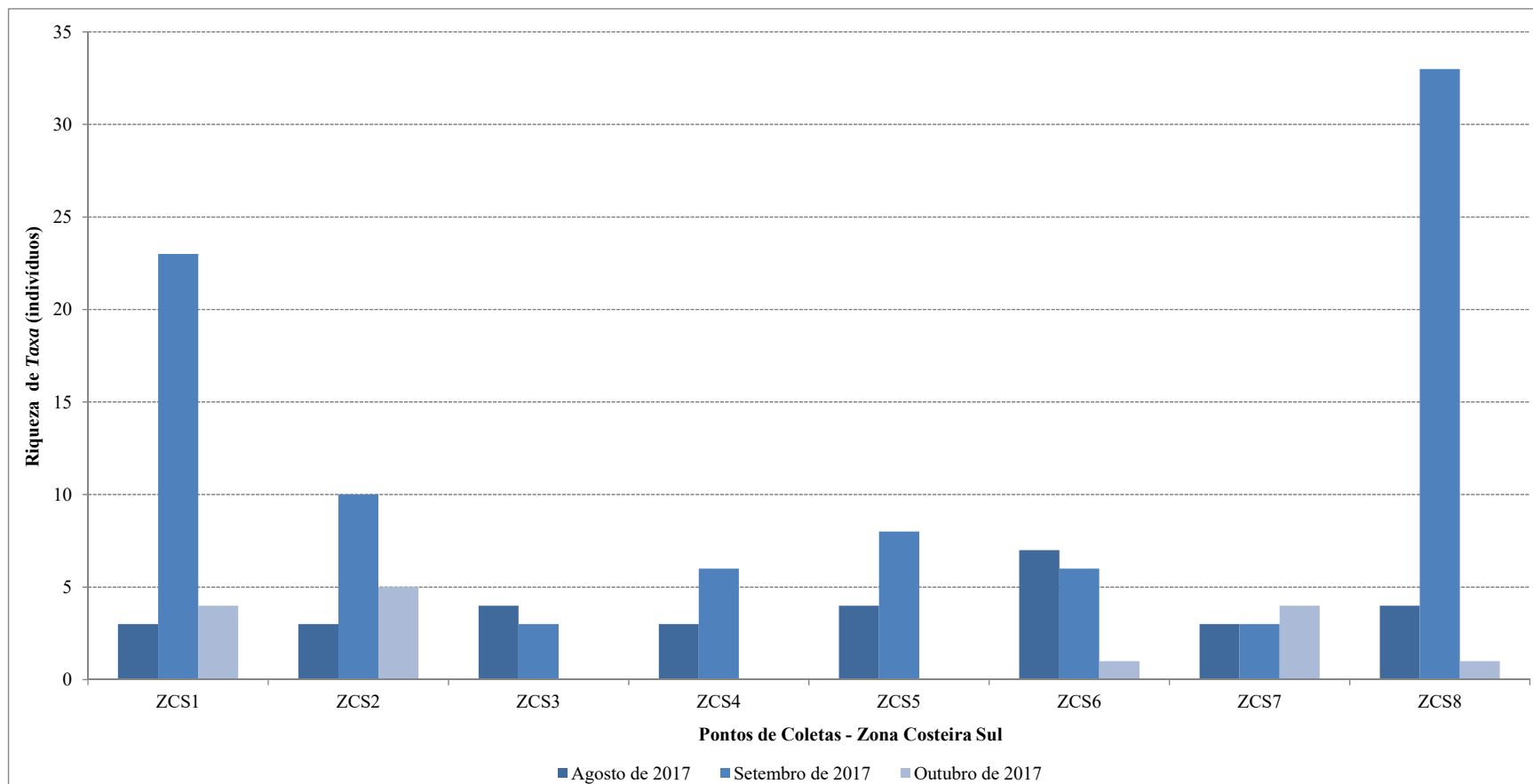
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.148: Variação da Densidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



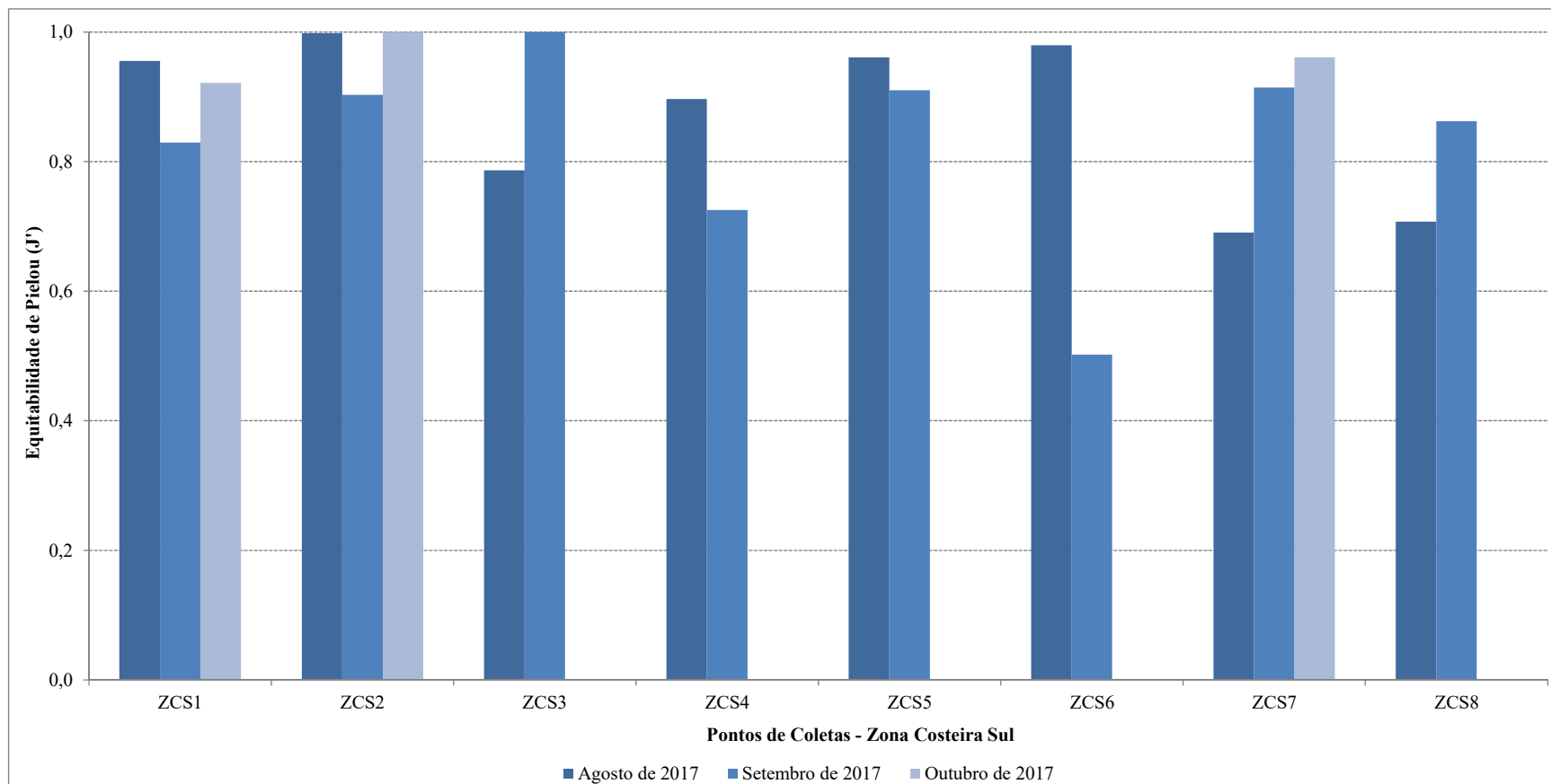
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.149: Variação da Riqueza de *taxa* da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



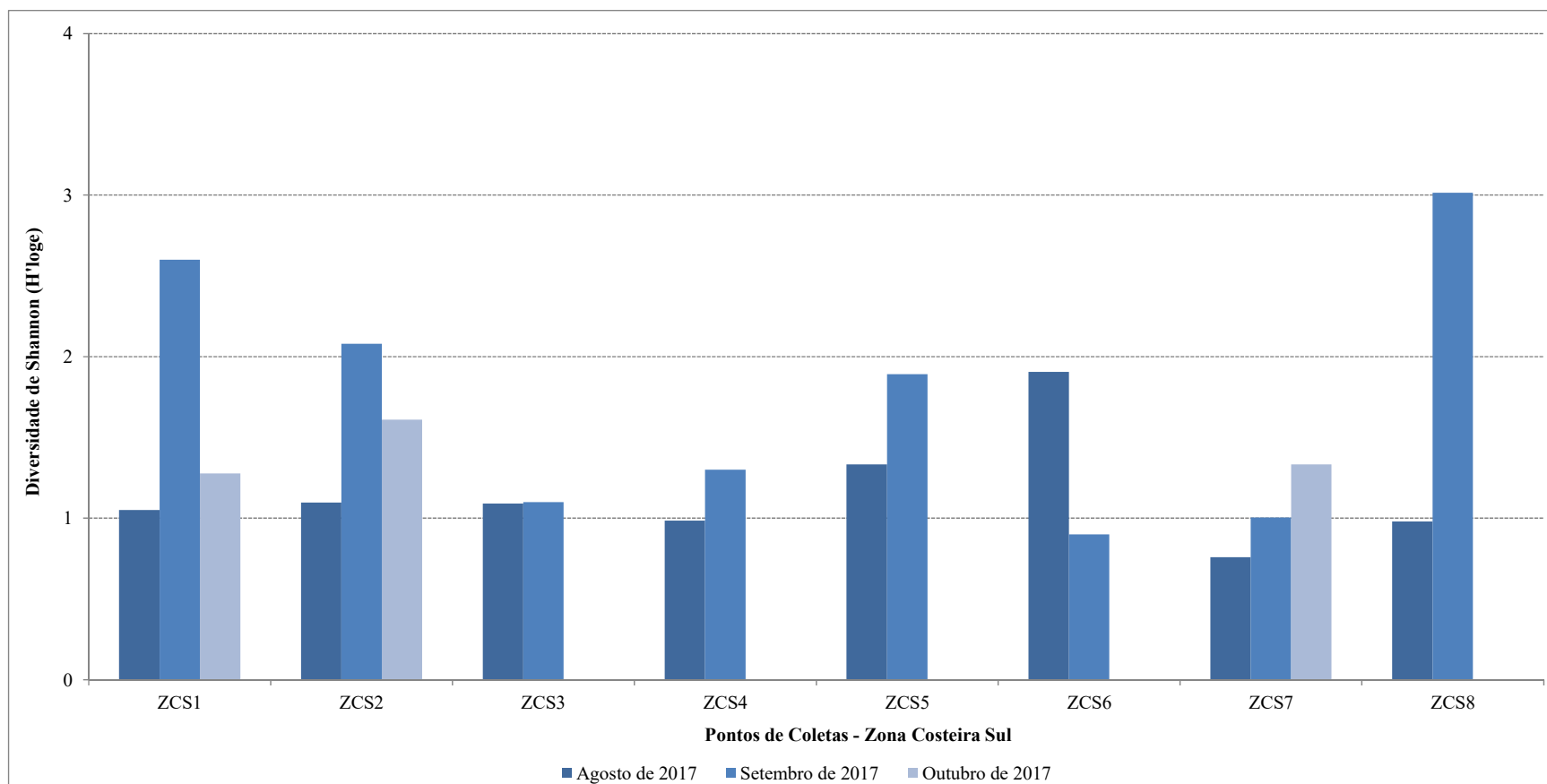
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.150: Variação da Equitabilidade da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



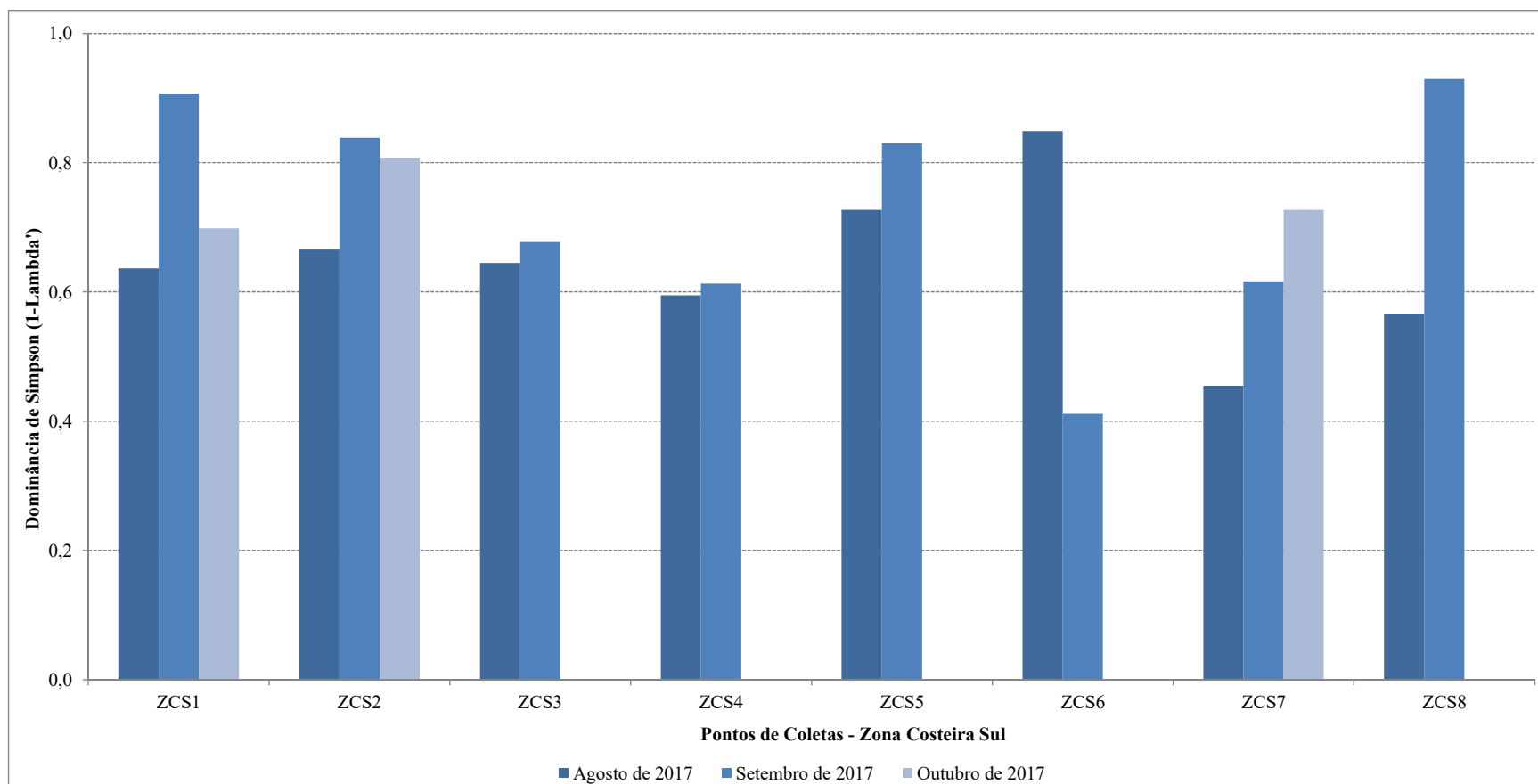
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.151: Variação da Diversidade de Shannon da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.152: Variação da Dominância de Simpson da macrofauna encontrada no Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

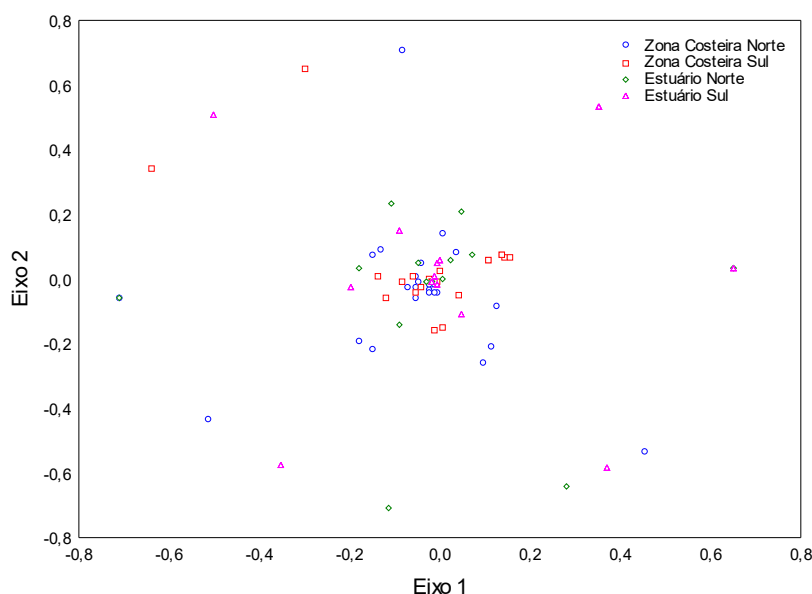


Fonte: Fundação Renova, 2017.

A partir dos dados de composição da macrofauna de todas sub-regiões foi realizada uma NMDS, em que representação gráfica dos eixos resultantes dessa ordenação apresentou um stress de 0,14, indicando que este resultado representou de forma confiável os dados obtidos, sendo ideal para a análise (BURNHAM e ANDERSON, 2001).

A partir dos dados gerados por essa análise, foi realizada uma inspeção visual através de gráficos de dispersão, sendo notado que esta separação não foi nítida entre a maioria dos pontos, demonstrando assim uma similaridade entre as áreas, independente dos trechos (Gráfico 5.153).

Gráfico 5.153: Representação gráfica dos dois primeiros eixos do NMDS, mostrando a organização espacial da macrofauna trechos amostrados.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Embora as análises visuais dos escores gerados pela NMDS não tenham evidenciado diferenças nítidas entre as sub-regiões investigadas, os resultados da MRPP (procedimentos de permutações de múltipla-resposta), apontaram diferenças significativas entre elas. A Tabela 5.142 apresenta estes dados e mostra a diferença significativa entre estas áreas.

Tabela 5.142: Resultados da MRPP para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$.

Tipo	A	Significância do delta
Zona Costeira Norte x Zona Costeira Sul	0,01801	0,002
Zona Costeira Norte x Estuário Norte	0,003374	0,001
Zona Costeira Norte x Estuário Sul	0,01329	0,025
Zona Costeira Sul x Estuário Norte	0,05177	0,001
Zona Costeira Sul x Estuário Sul	0,02023	0,019
Estuário Norte x Estuário Sul	0,2839	0,006

Fonte: Fundação Renova, 2017.

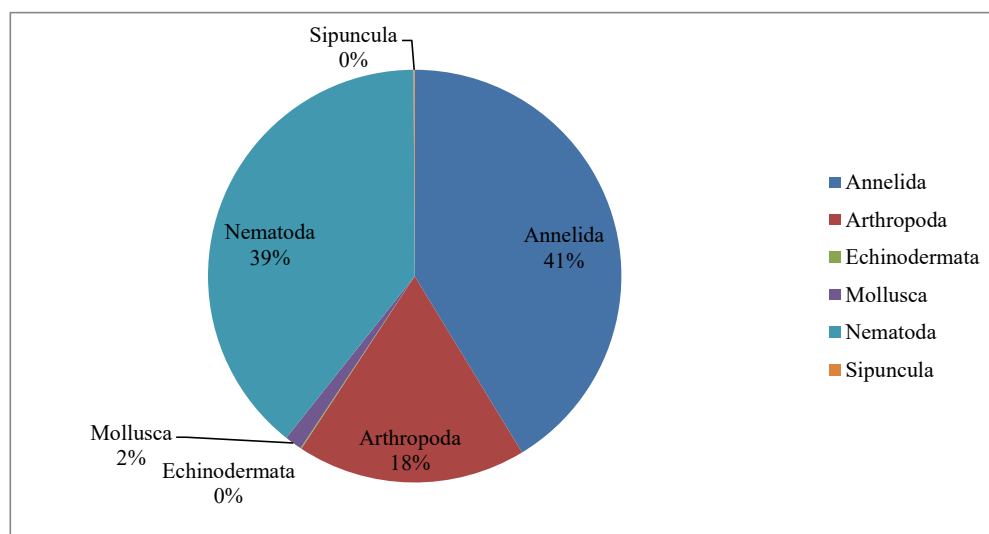
No geral foi notado que tanto para Estuários quanto para Zonas Costeiras os pontos localizados no setor sul, que fica abaixo da foz do rio Doce, apresentaram os maiores valores de densidade (abundância) e riqueza, sendo que o primeiro atributo apresentou uma diferença bem mais acentuada entre os setores norte e sul. Apesar do gráfico gerado com os escores na NMDS não ter evidenciado visualmente diferenças entre Zona Costeira Norte, Zona Costeira Sul, Estuário Norte e Estuário Sul, a MRPP mostrou diferença significativa entre as sub-regiões, o que corrobora com os dados obtidos pelos demais atributos de comunidade avaliados.

5.11.2 Meiofauna

A meiofauna marinha foi definida por Mare (1942) em função do seu hábitat e da sua dimensão (0,044 a 0,5 mm). Trata-se de um conjunto de metazoários composto por aproximadamente 30 filos zoológicos, que ocupam os interstícios dos sedimentos no meio aquático (GIERE, 2009). Neste estudo a meiofauna correspondeu à 137.620 org./m², distribuídos em 74 taxa, distribuídos 9 filos, sendo Annelida o mais representativo com 41% do total, seguido por Nematoda (39%) e Arthropoda (24%). Em geral a meiofauna possui uma produção anual alta, podendo superar numericamente a macrofauna, como aqui constatado. A malha de pontos amostrais para o estudo da meiofauna é a mesma da macrofauna, obedecendo-se também as mesmas subdivisões regionais (Estuário Norte; Estuário Sul; Zona Costeira Norte; e Zona Costeira Sul). Considerando-se estas sub-regiões, sete taxa foram comuns às quatro sub-regiões, 14 foram comuns à três, 43 comuns à duas, e foram registrados 11 taxa exclusivos na sub-região Estuário Sul (Anexo V). Temporalmente, o maior valor de densidade foi registrado na campanha de Setembro (79.867 org/m²), assim como o de riqueza (47 taxa), seguido de Agosto com 29.502 org/m² e 47 taxa e por último, entretanto não tão díspar do segundo

colocado, Outubro com 28.251 org./m² e 22 *taxa* (Anexo V e Gráfico 5.154). Destes, nove *taxa* foram comuns às três campanhas, 18 *taxa* comuns à duas campanhas, enquanto que em Agosto foram registradas 18 *taxa* exclusivos, 21 *taxa* em setembro, e oito *taxa* em outubro (Anexo V (I)).

Gráfico 5.154: Percentual dos filos da meiofauna de zoobentos marinho para o período de estudo.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.11.2.1 Estuários

Norte

Foram quantificados ao todo 84.960 org./m² distribuídos em 43 *taxa* no Estuário Norte, sendo os filos Nematoda, Annelida e Arthropoda os mais abundantes com 41%, 39% e 20%, respectivamente (Anexo V).

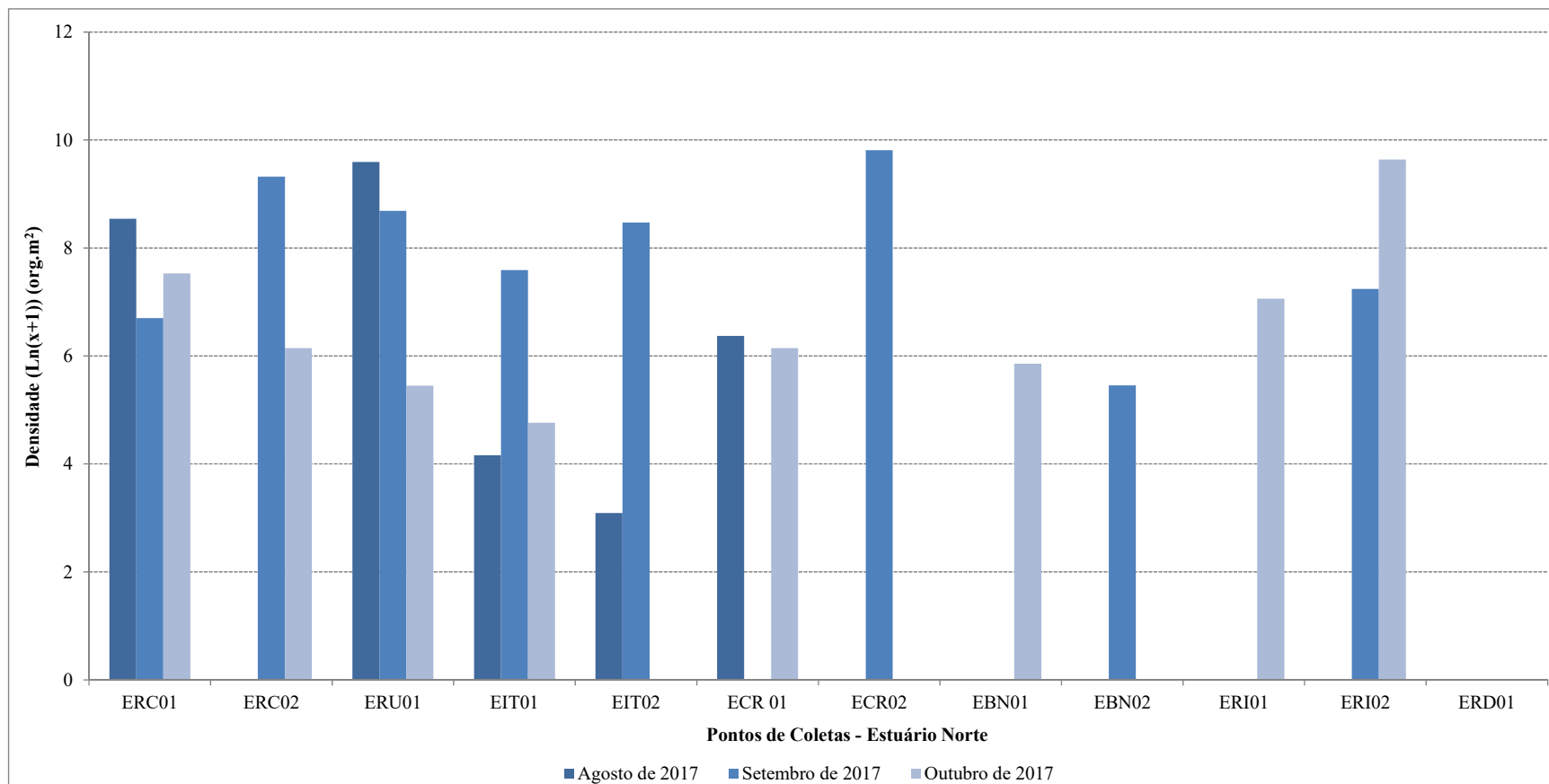
Dos pontos amostrados no Estuário Norte, 15 não apresentaram nenhum organismo, e sendo assim o menor valor encontrado para todos os atributos é zero. O maior valor de densidade foi de 18.254 org./m² no ponto ECR 02 na campanha de Setembro (Gráfico 5.155) e a maior riqueza de *taxa* foi 15 no mesmo local (Gráfico 5.156). O maior valor de equitabilidade foi 0,86 J' nos pontos ERV 01 em Agosto e Setembro (Gráfico 5.157). A diversidade de Shannon foi maior no ponto ECR 01 em Agosto (2,25 H'loge) (Gráfico 5.158), e por fim, nos pontos onde a riqueza específica foi de uma única espécie a dominância de Simpson foi igual a um, sendo esse o maior valor registrado (EIT 1 e ECR1 em Agosto; EBN 02 em Setembro; ECR 01, ECR 02, ERV 01 e EIT 01 em Outubro) (Gráfico 5.159).

Tabela 5.143: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ERC01	0,86	0,61	0,23	2,26	1,00	0,46	0,86	0,91	0,42
ERC02	-	0,81	0,50	-	1,90	0,69	-	0,82	1,00
ERU01	0,76	0,86	0,00	1,88	2,19	0,00	0,71	0,85	1,00
EIT01	0,67	0,62	0,00	1,10	1,32	0,00	1,00	0,73	1,00
EIT02	1,00	0,81	-	0,00	1,90	-	0,00	0,83	-
ECR 01	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00	1,00	-	1,00
ECR02	-	0,81	-	-	1,98	-	-	0,73	-
EBN01	-	-	0,44	-	-	0,64	-	-	0,92
EBN02	-	0,00	-	-	0,00	-	-	1,00	-
ERI01	-	-	0,56	-	-	0,95	-	-	0,86
ERI02	-	0,67	0,60	-	1,31	1,14	-	0,82	0,59
ERD01	-	-	-	-	-	-	-	-	-

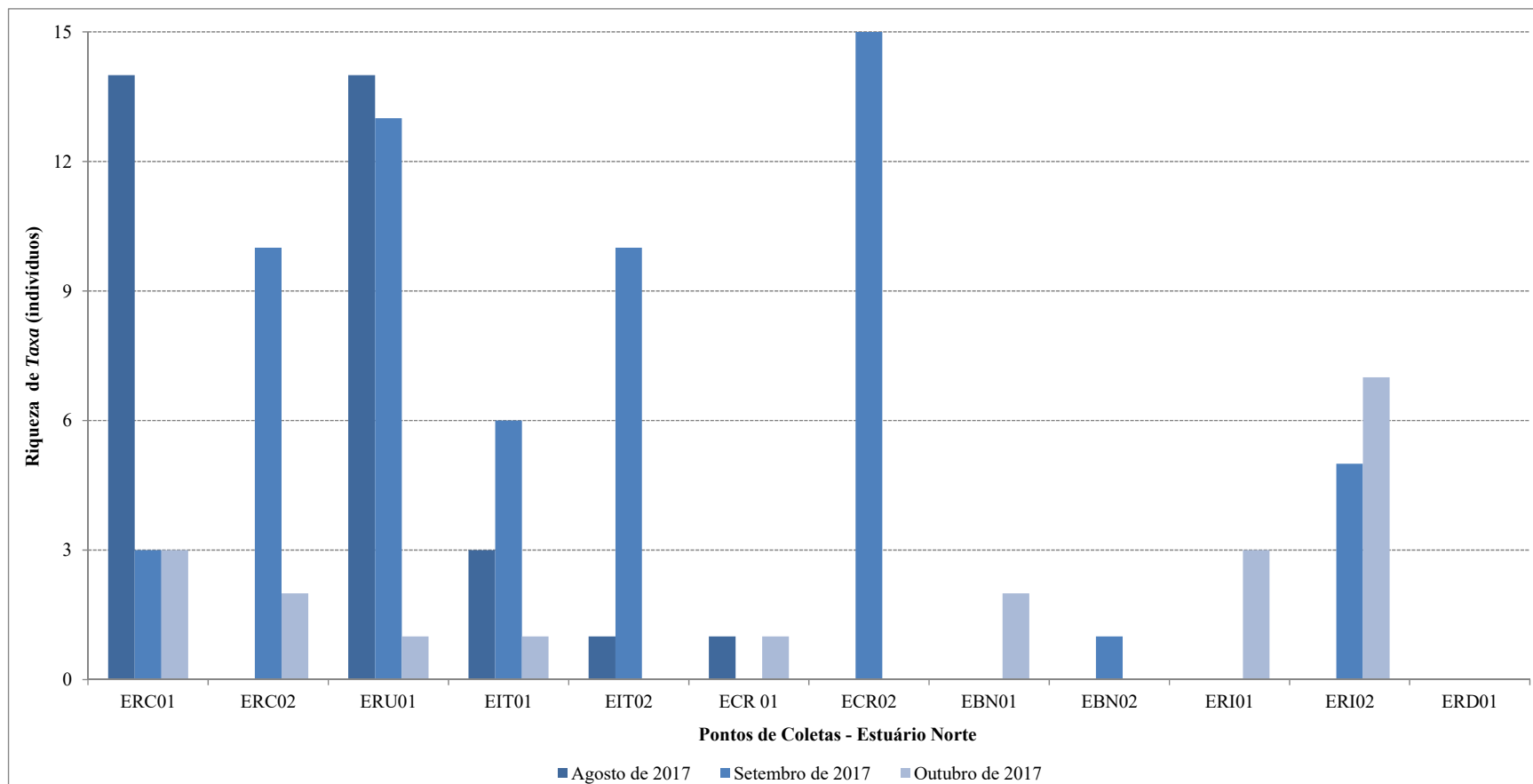
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.155: Variação da Densidade da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



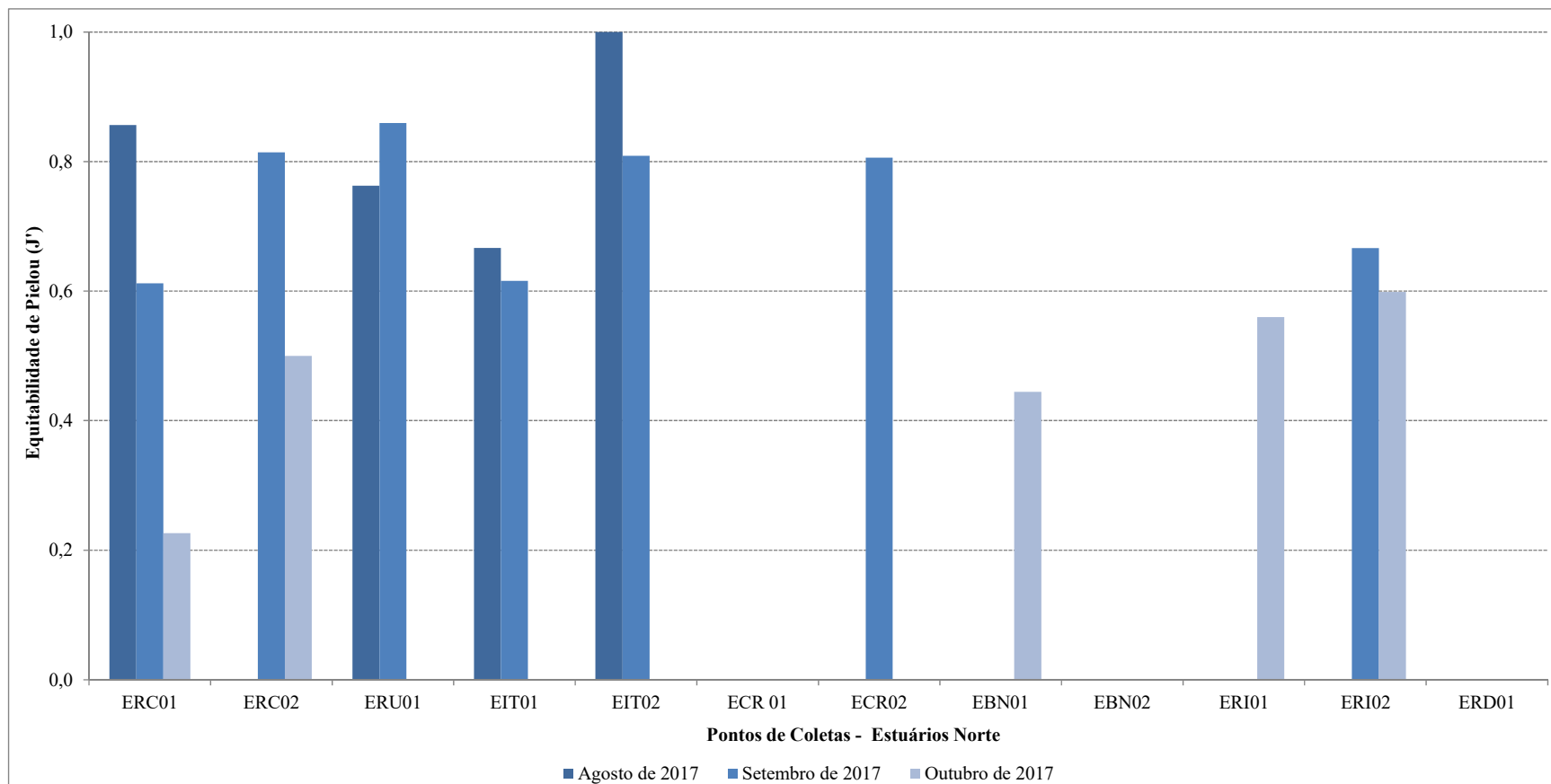
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.156: Variação da Riqueza de taxa da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



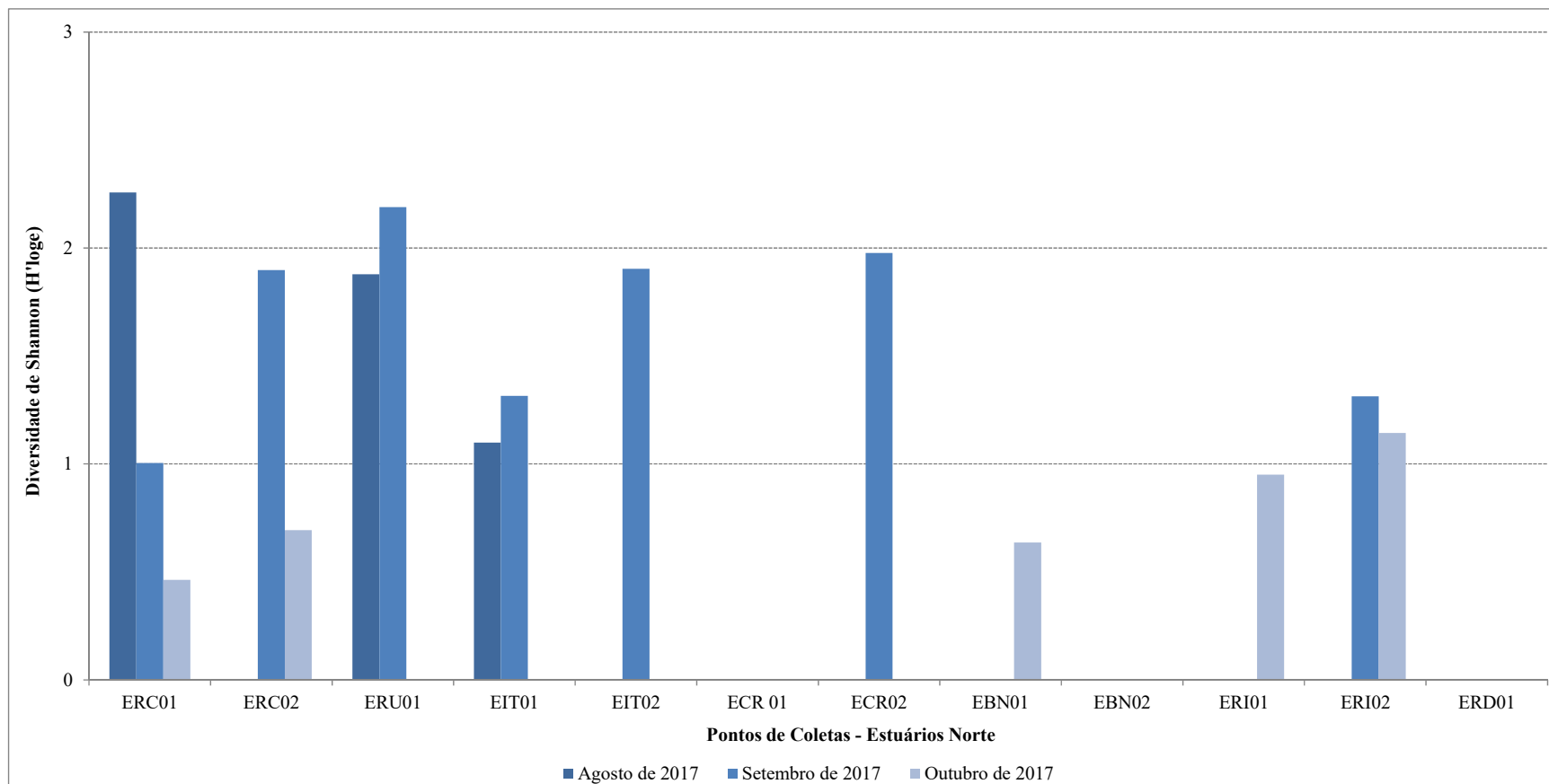
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.157: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



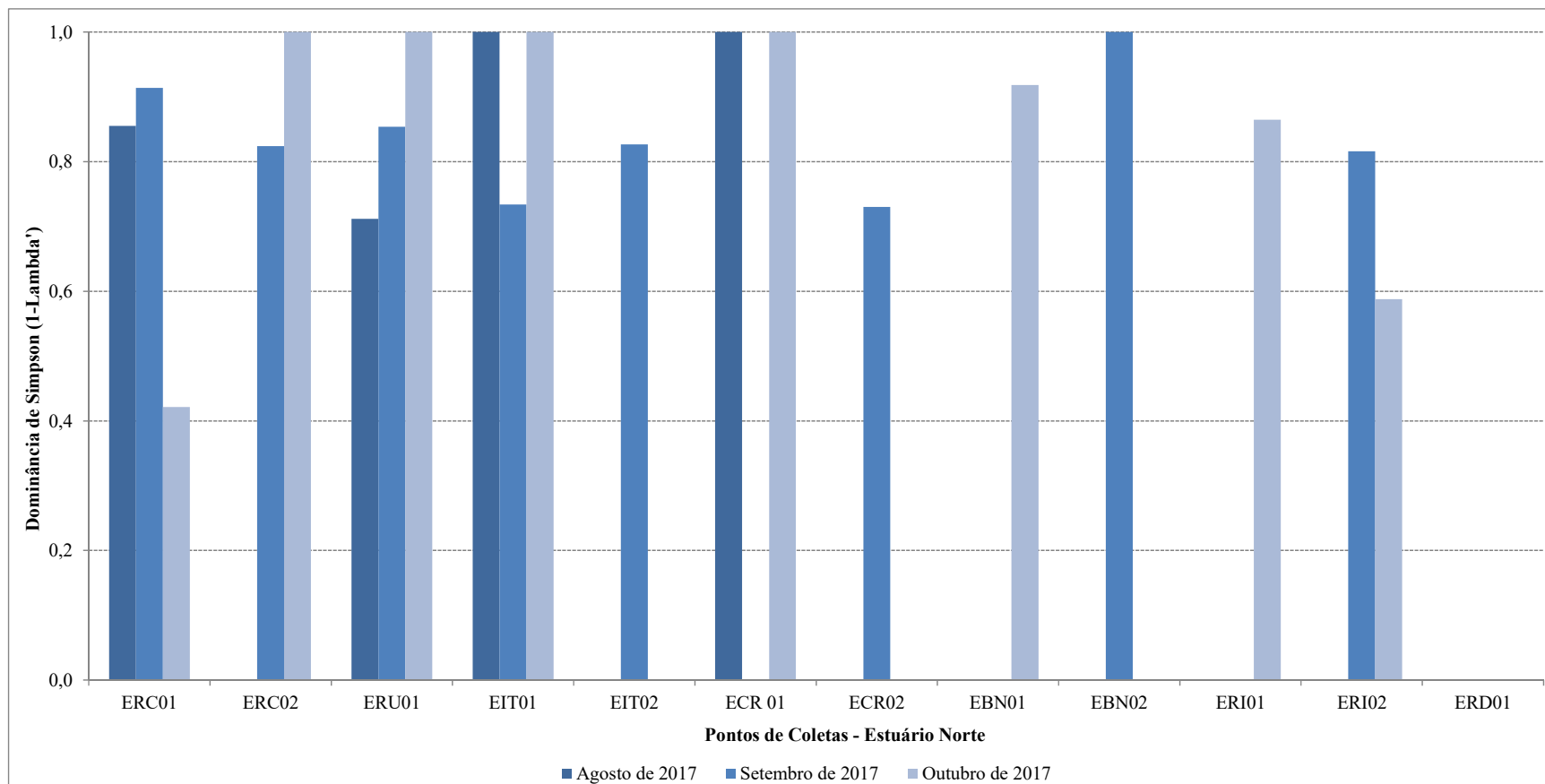
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.158: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.159: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada no Estuário Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Sul

A meiofauna no Estuário Sul esteve representada por 2.820 org./m² distribuídos em 23 taxa. Assim como no Estuário Norte, o filo Annelida foi o mais numeroso, com 43% da densidade total, seguido pelo filo Nematoda com 33% e Arthropoda com 23% (Anexo V).

Como em 10 pontos localizados nesta sub-região não houve registro de organismos, o cálculo dos demais atributos de comunidade não foram obtidos. Sendo assim os menores valores para todos os que serão citados abaixo será sempre zero.

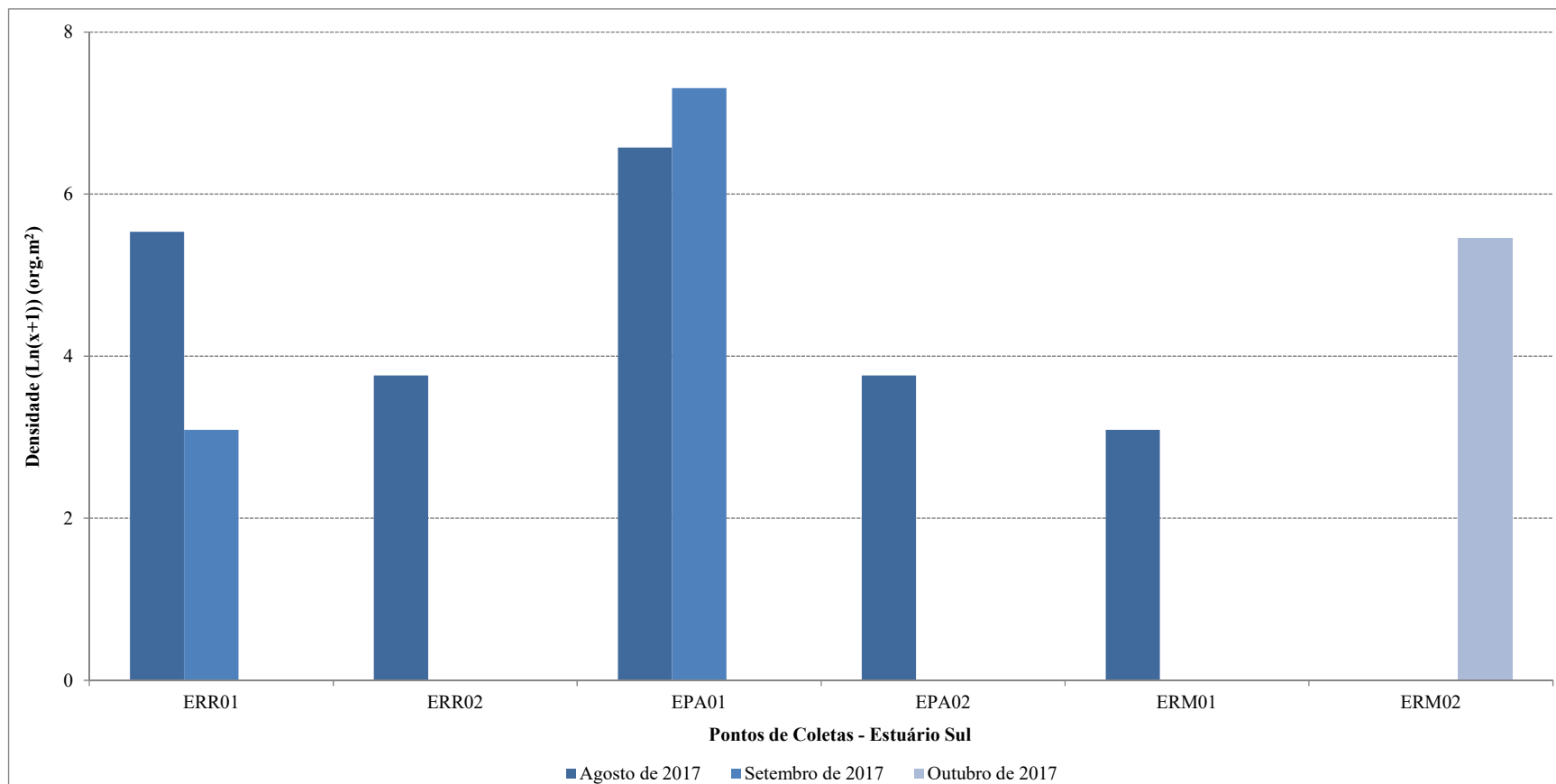
Pontualmente a maior densidade, riqueza, equitabilidade e Shannon foram registrados no ponto EPA 01 em Setembro (10, 1.494 org./m², 0,78 J' e 1,73 H'loge), indicando uma distribuição mais equalitária da meiofauna nesse ponto (Gráfico 5.160 ao 5.163). Já a dominância de Simpson, onde nos pontos foi igual a 1, indica a presença de uma única espécie, sendo eles os pontos EPA 01 e ERM 02 em Agosto, e ERM 02 em Setembro (Tabela 5.144 e Gráfico 5.164).

Tabela 5.144: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada no Estuário Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ERR01	0,63	0,00	-	5,53	3,09	-	0,95	1,00	-
ERR02	0,50	-	-	3,76	-	-	1,00	-	-
EPA01	0,17	0,78	-	6,58	7,31	-	0,28	0,75	-
EPA02	0,50	-	-	3,76	-	-	1,00	-	-
ERM01	0,00	-	-	3,09	-	-	1,00	-	-
ERM02	-	-	0,50	-	-	5,45	-	-	1,00

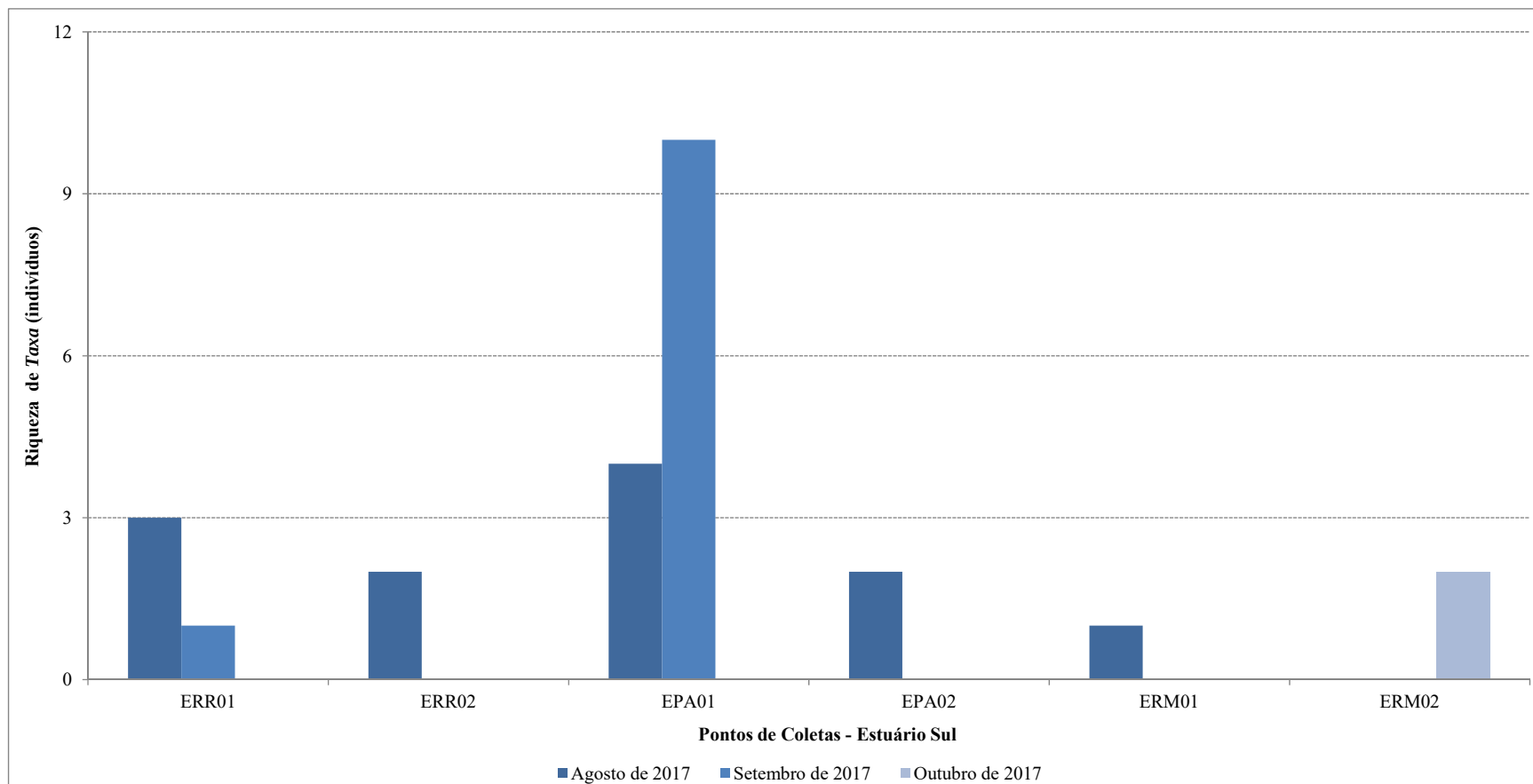
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.160: Variação da Densidade da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



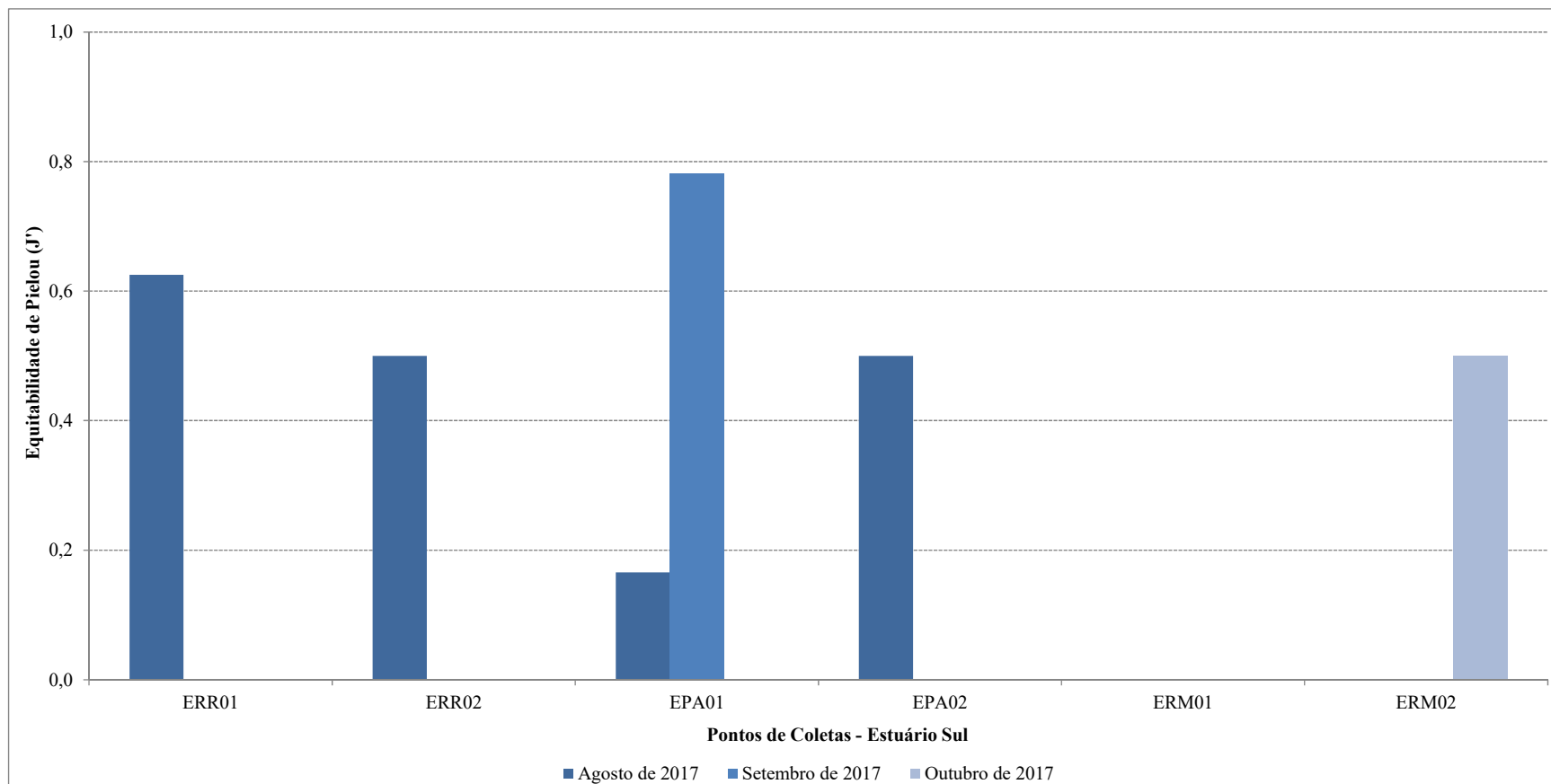
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.161: Variação da Riqueza de *taxa* da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



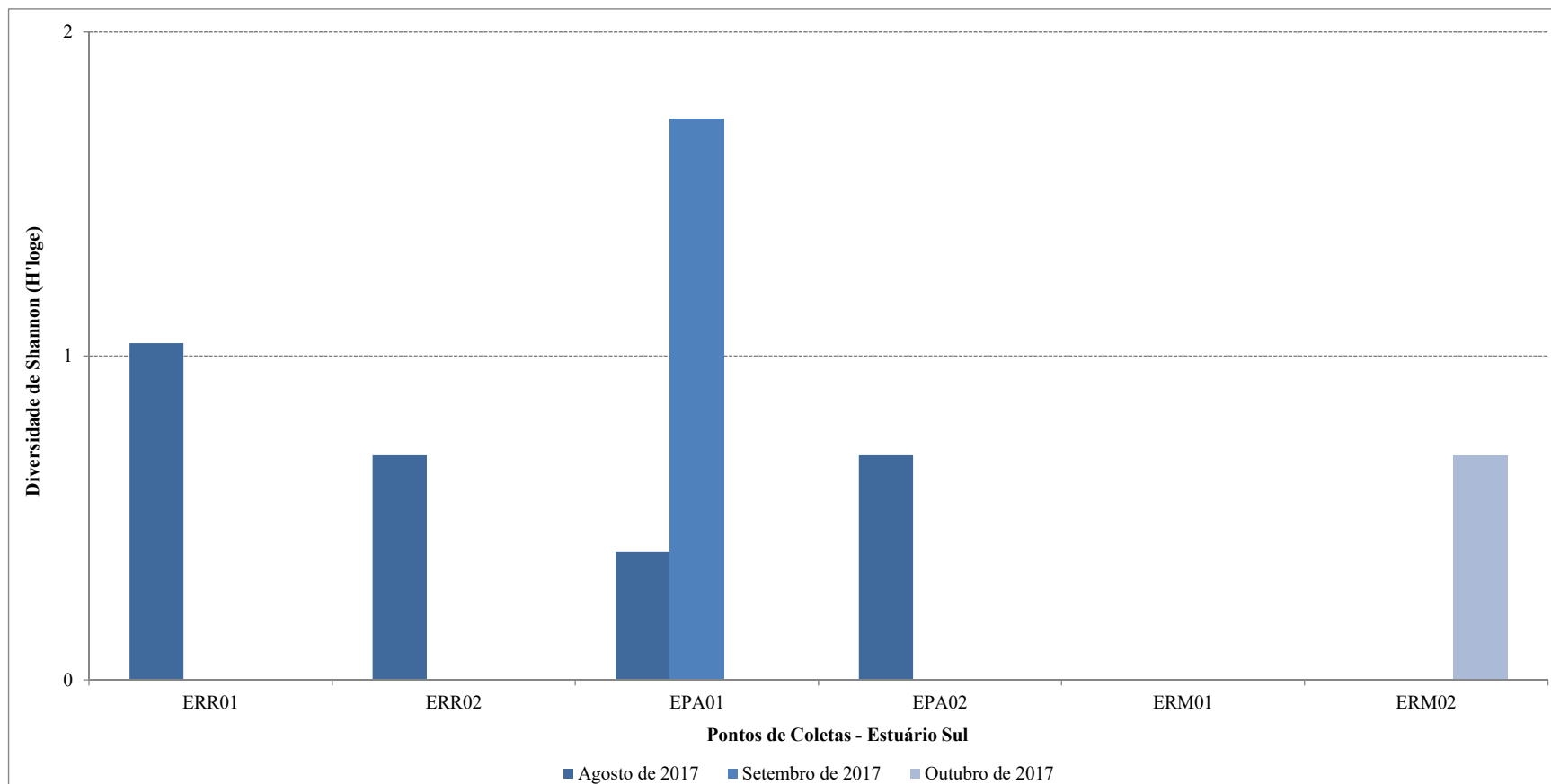
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.162: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



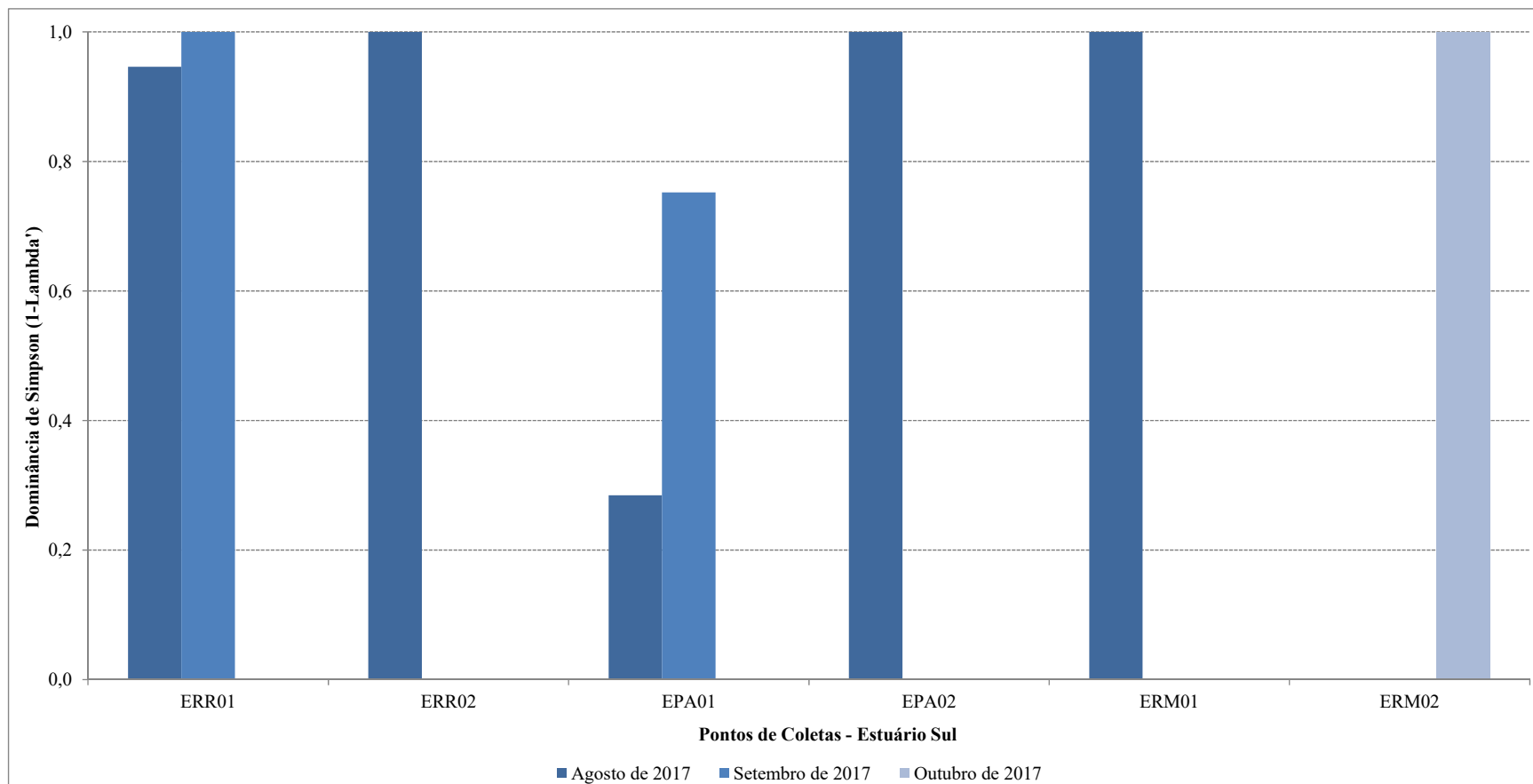
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.163: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.164: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada no Estuário Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.11.2.2 Zonas Costeiras

Norte

No trecho que compreende a Zona Costeira Norte foram quantificados 42.493 org./m² distribuídos em 36 *taxa*. Novamente o filo mais abundante foi o Annelida (53%), seguido de Nematoda (30%) e Arthropoda (13%) (Anexo V).

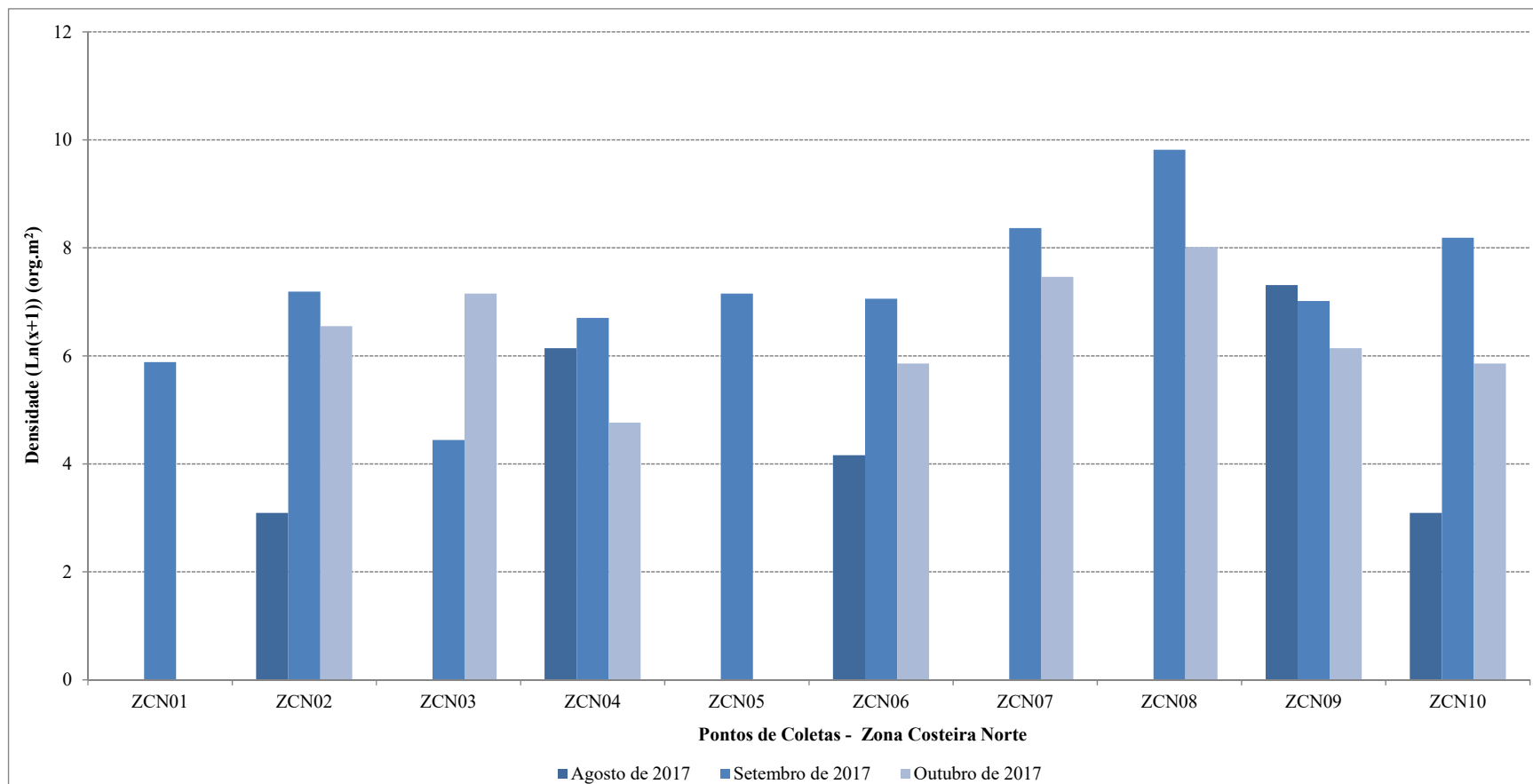
Em sete unidades amostrais não foram encontrados nenhum organismo. A maior densidade foi encontrada no ponto ZCN 08 em Setembro (18.371 org./m²), enquanto que a riqueza de *taxa* foi maior em ZCN 07, também em Setembro com 12 *taxa* (Gráfico 5.166). A equitabilidade foi máxima (igual a 1 J') no ponto ZCN 06 em Agosto (Gráfico 5.167). A diversidade de Shannon apresentou seu maior valor no ponto ZCN 07 em Agosto (2,07 H'loge) (Gráfico 5.168), e por fim, a dominância de Simpson foi de um 1-Lambda' nos pontos ZCN 02 e ZCN 10 em Agosto, ZCN 04, ZCN 06, ZCN 09 e ZCN 10 em Outubro (Gráfico 5.169).

Tabela 5.145: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada na Zona Costeira Norte durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ZCN01	-	0,79	-	-	1,09	-	-	0,59	-
ZCN02	0,00	0,41	0,92	0,00	0,74	1,01	1,00	0,33	0,61
ZCN03	-	0,95	0,83	-	1,04	0,92	-	0,63	0,56
ZCN04	0,95	0,92	0,00	1,04	1,28	0,00	0,62	0,69	1,00
ZCN05	-	0,91	-	-	1,77	-	-	0,79	-
ZCN06	1,00	0,88	0,00	1,10	1,42	0,00	0,67	0,72	1,00
ZCN07	-	0,83	0,57	-	2,07	0,39	-	0,84	0,23
ZCN08	-	0,37	0,82	-	0,73	2,03	-	0,35	0,79
ZCN09	0,68	0,64	0,00	0,94	1,32	0,00	0,52	0,61	1,00
ZCN10	0,00	0,82	0,00	0,00	1,71	0,00	1,00	0,76	1,00

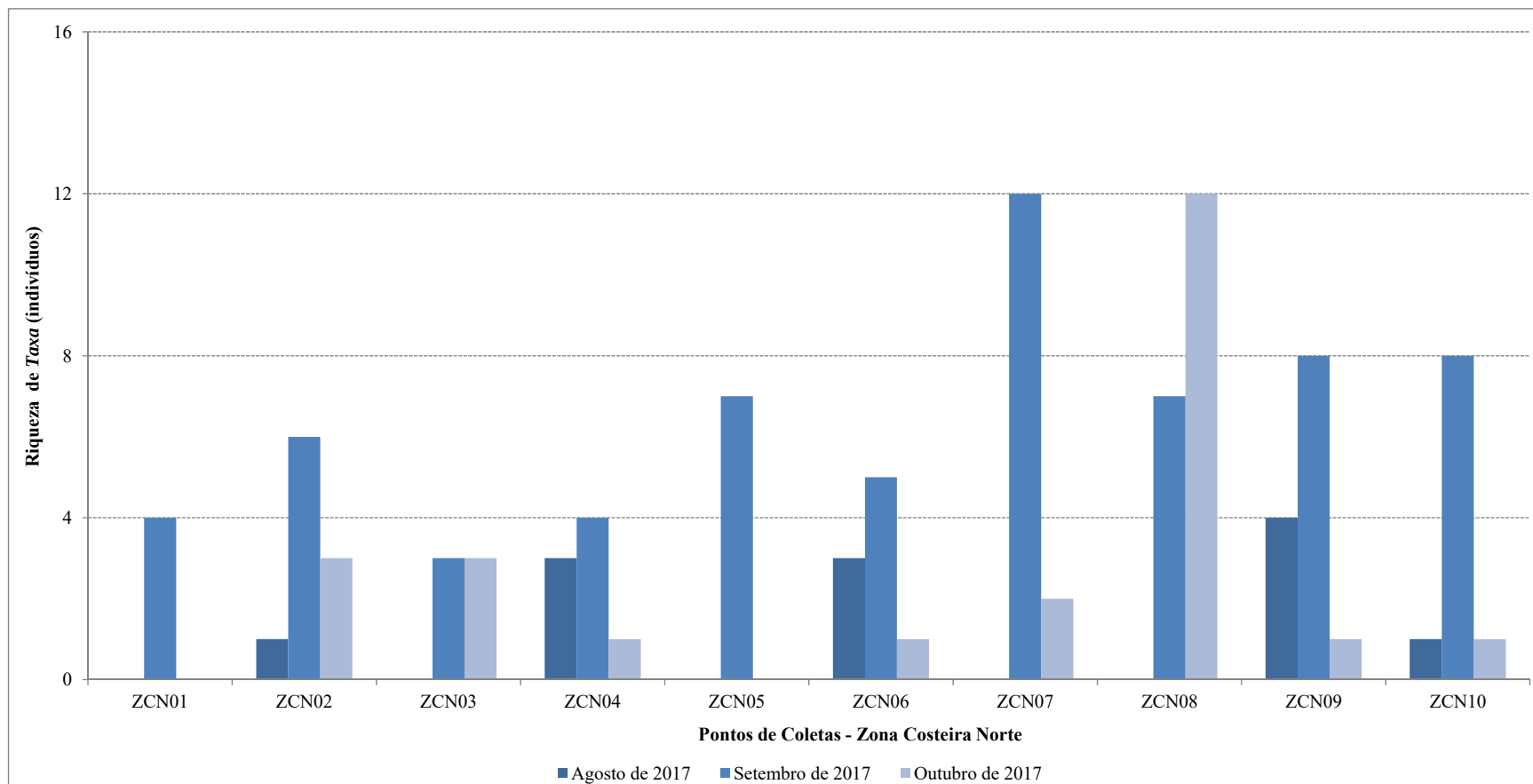
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.165: Variação da Densidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



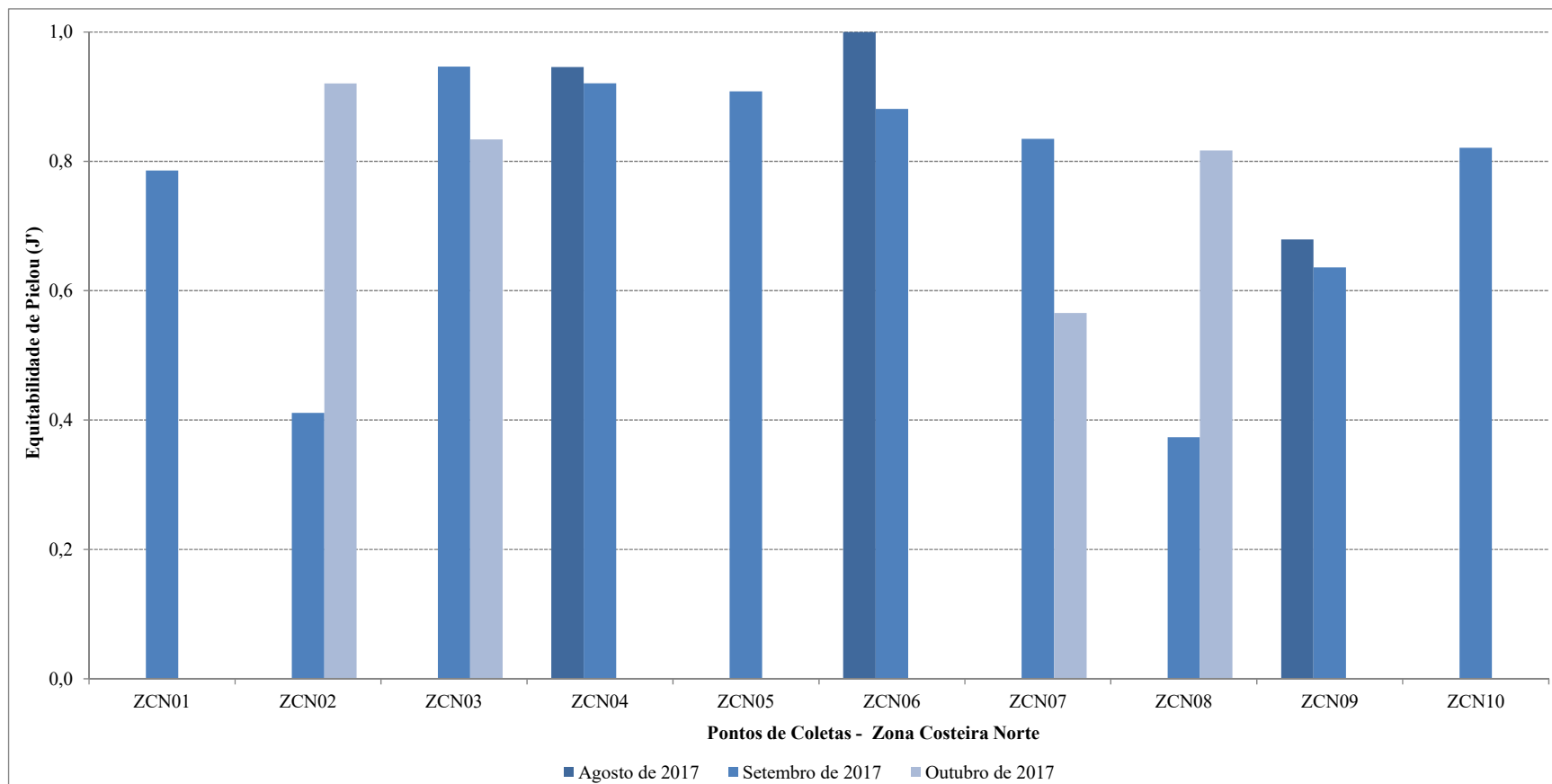
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.166: Variação da Riqueza de taxa da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



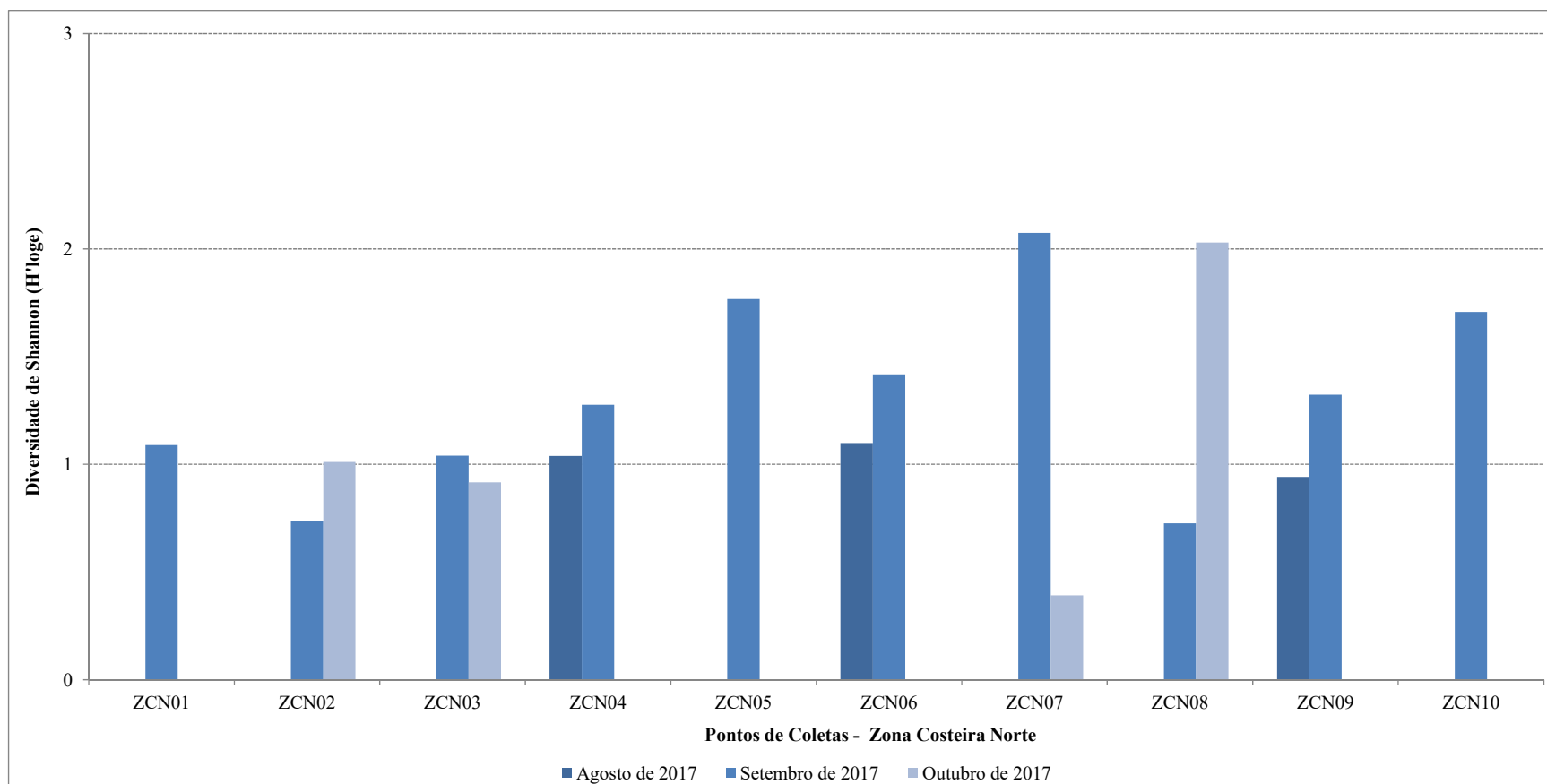
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.167: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



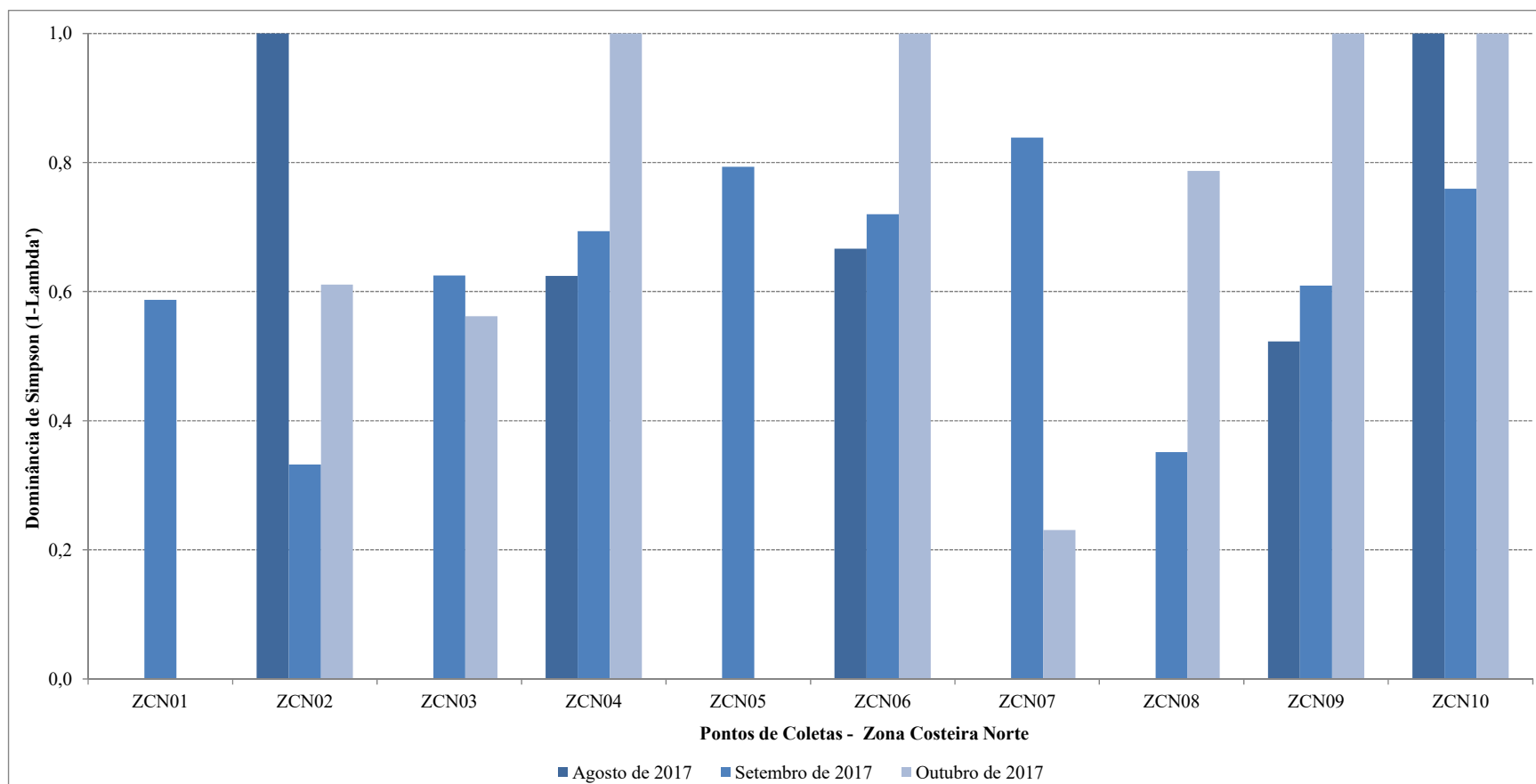
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.168: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.169: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada na Zona Costeira Norte, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Sul

Ao todo foram registrados 7.342 org./m² e 25 taxa nos pontos amostrados na Zona Costeira Sul. Assim como o padrão que se estabeleceu em todos os trechos e no geral da meiofauna os filos Nematoda, Annelida e Arthropoda foram os mais representativos. Entretanto neste trecho Nematoda foi o mais numeroso com 65% da densidade total, seguido de Annelida com 22% e Arthropoda com 12% (Anexo V).

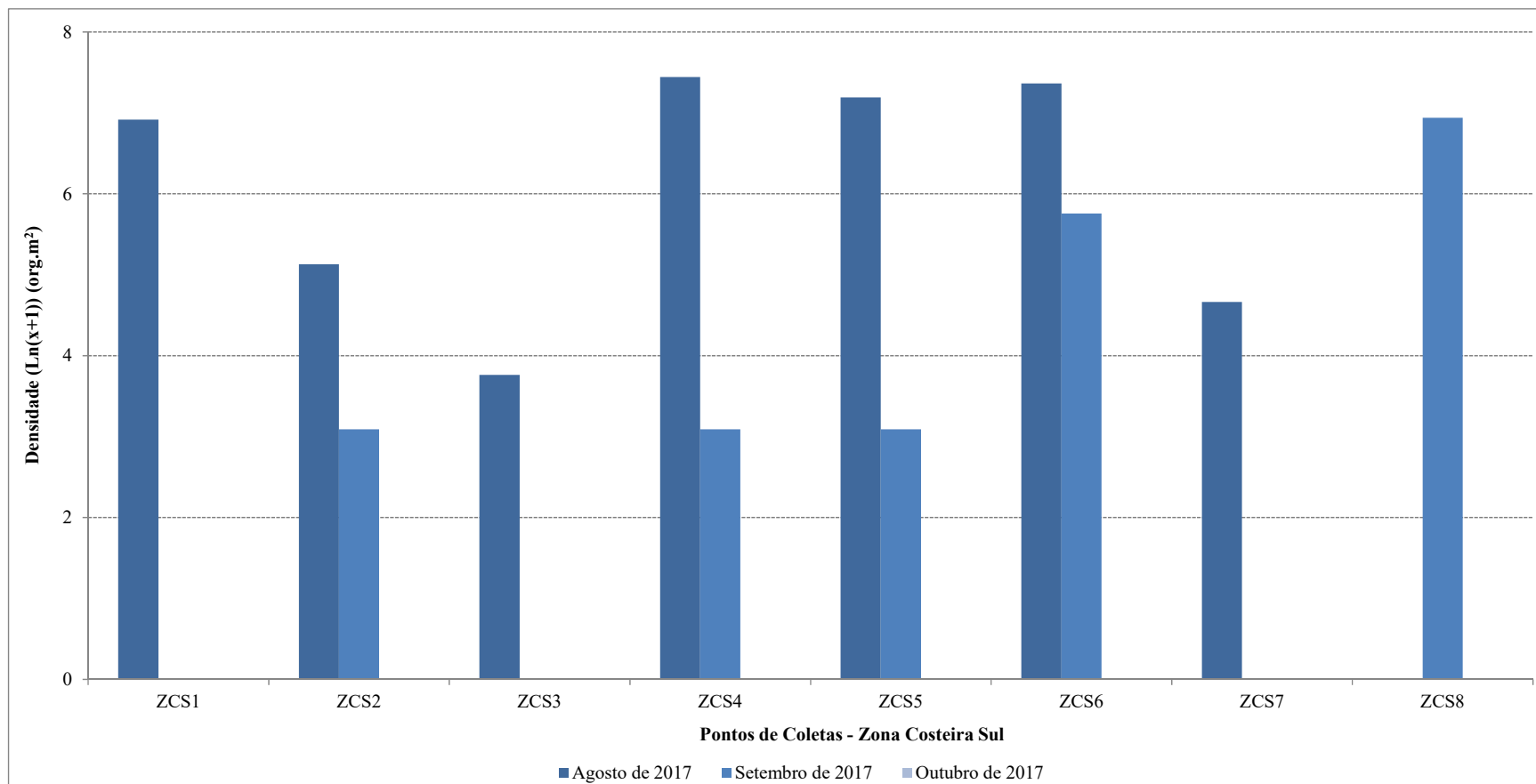
Para este trecho em 12 pontos não foram registrados organismos, e não houve registros em nenhum dos pontos da campanha de Outubro. A densidade, riqueza de taxa e diversidade de Shannon foram maiores no ponto ZCS 01 em Agosto com 1.706 org./m² (Gráfico 5.170), nove taxa (Gráfico 5.171), e 1,86 H'loge (Gráfico 5.172). A maior equitabilidade registrada foi de 0,81 'J' nos pontos ZCS 02 e ZCS 07 em Agosto (Gráfico 5.173). Já a dominância de Simpson foi de um 1-Lambda' nos pontos ZCS 08 em Agosto, ZCS 02, ZCS 04 e ZCS 05 em Setembro (Gráfico 5.174).

Tabela 5.146: Equitabilidade de Pielou, diversidade de Shannon e dominância de Simpson de meiofauna nos pontos de coletas encontrada na Zona Costeira Sul durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

Pontos de Coletas	Equitabilidade de Pielou (J')			Diversidade de Shannon (H'loge)			Dominância de Simpson (1-Lambda')		
	2017								
	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro	Agosto	Setembro	Outubro
ZCS1	0,81	-	-	1,83	-	-	0,88	-	-
ZCS2	0,81	0,00	-	1,73	0,00	-	0,97	1,00	-
ZCS3	0,00	-	-	0,00	-	-	1,00	-	-
ZCS4	0,80	0,00	-	1,86	0,00	-	0,85	1,00	-
ZCS5	0,56	0,00	-	1,14	0,00	-	0,55	1,00	-
ZCS6	0,80	0,72	-	1,83	1,32	-	0,83	0,95	-
ZCS7	0,72	-	-	1,33	-	-	0,96	-	-
ZCS8	-	0,44	-	-	0,95	-	-	0,49	-

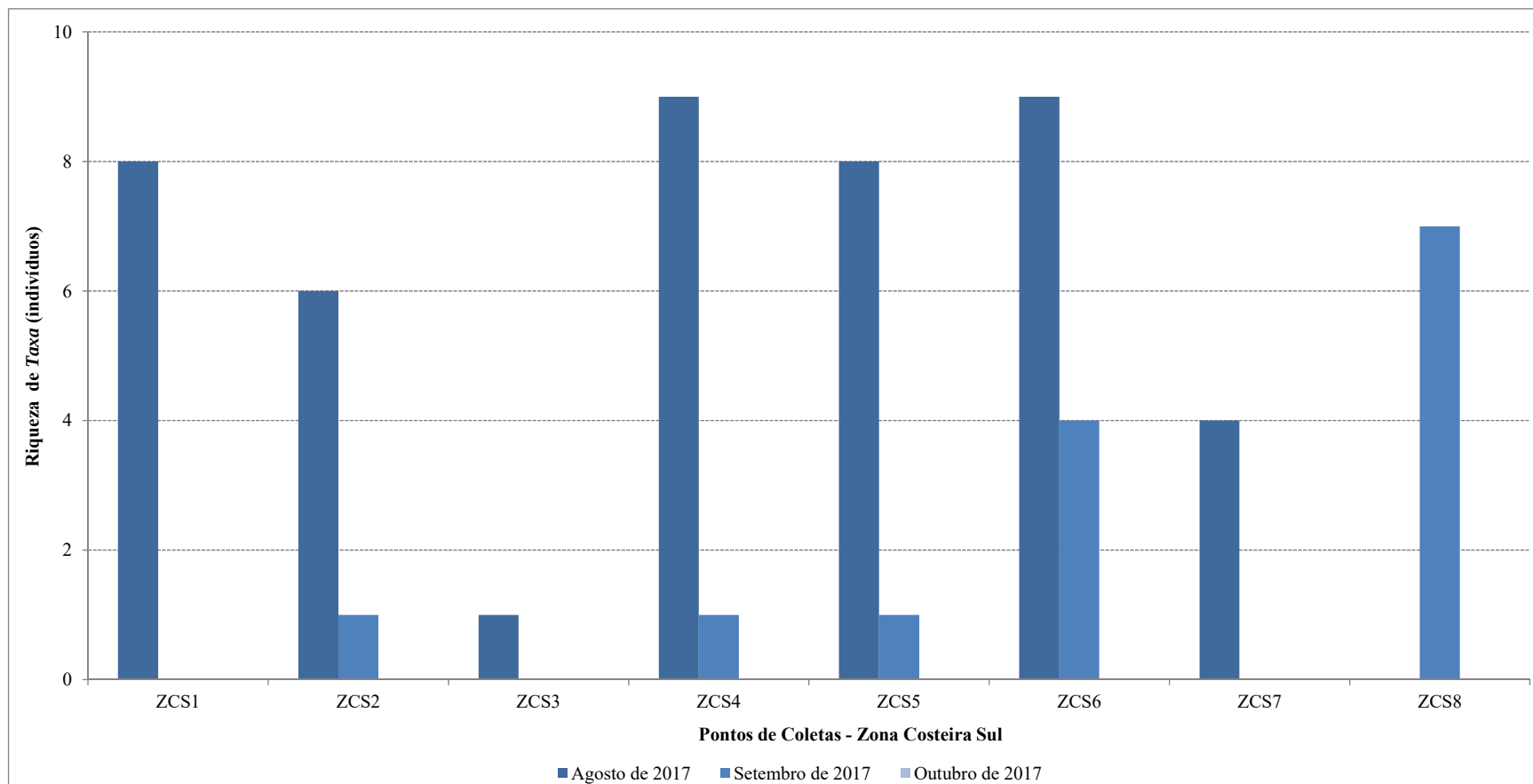
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.170: Variação da Densidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



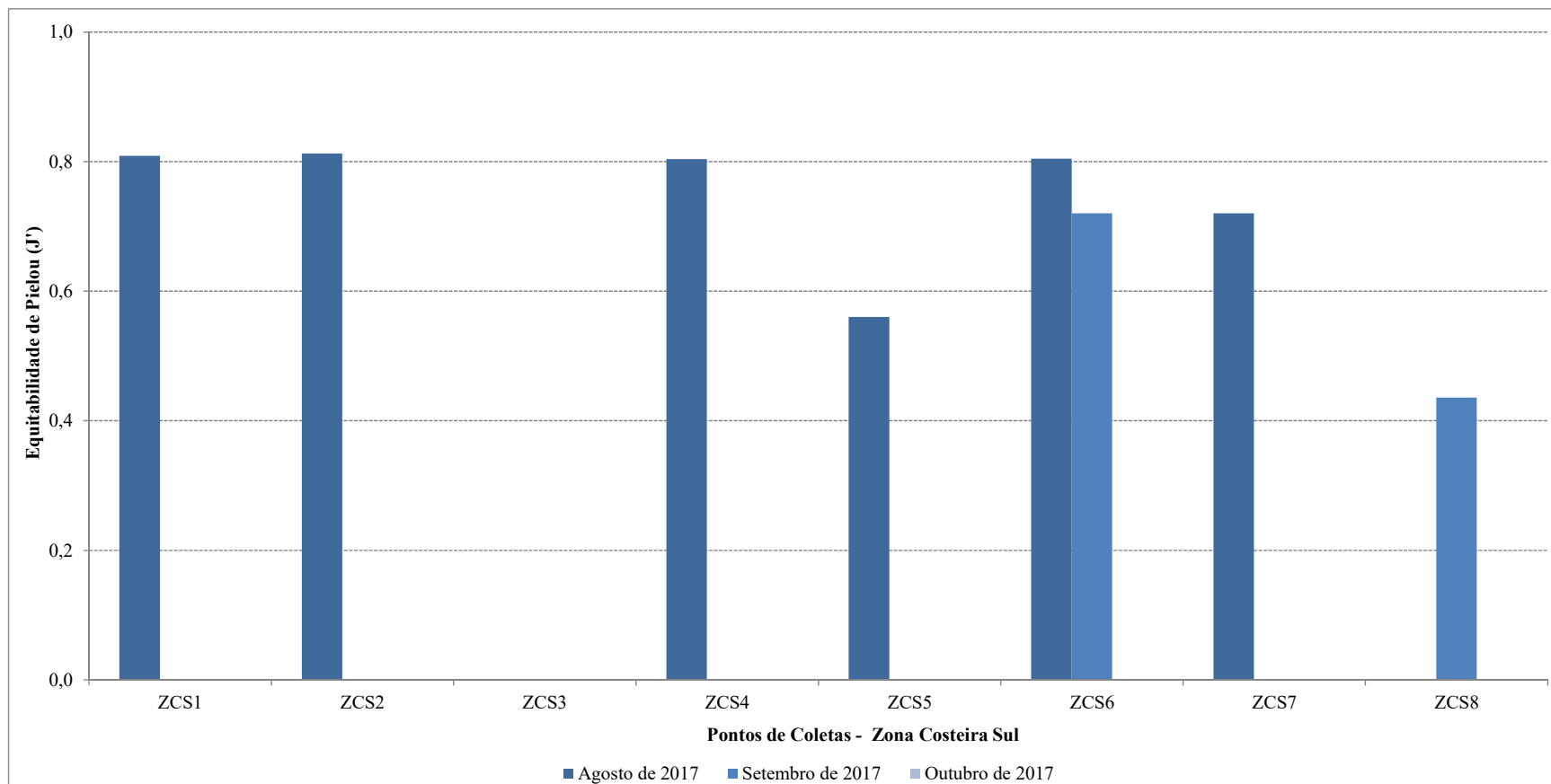
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.171: Variação da Riqueza de *taxa* da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



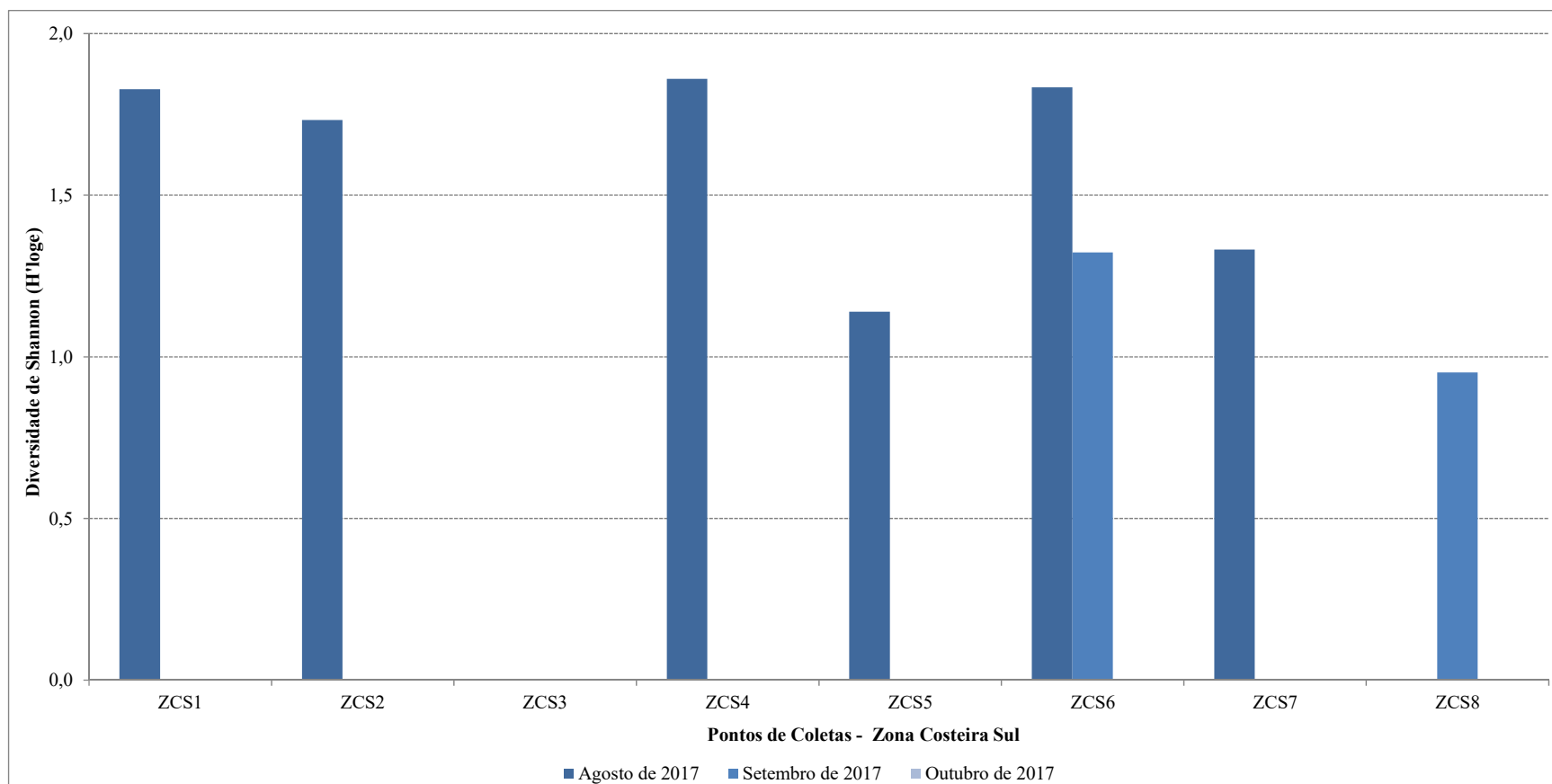
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.172: Variação da Equitabilidade da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



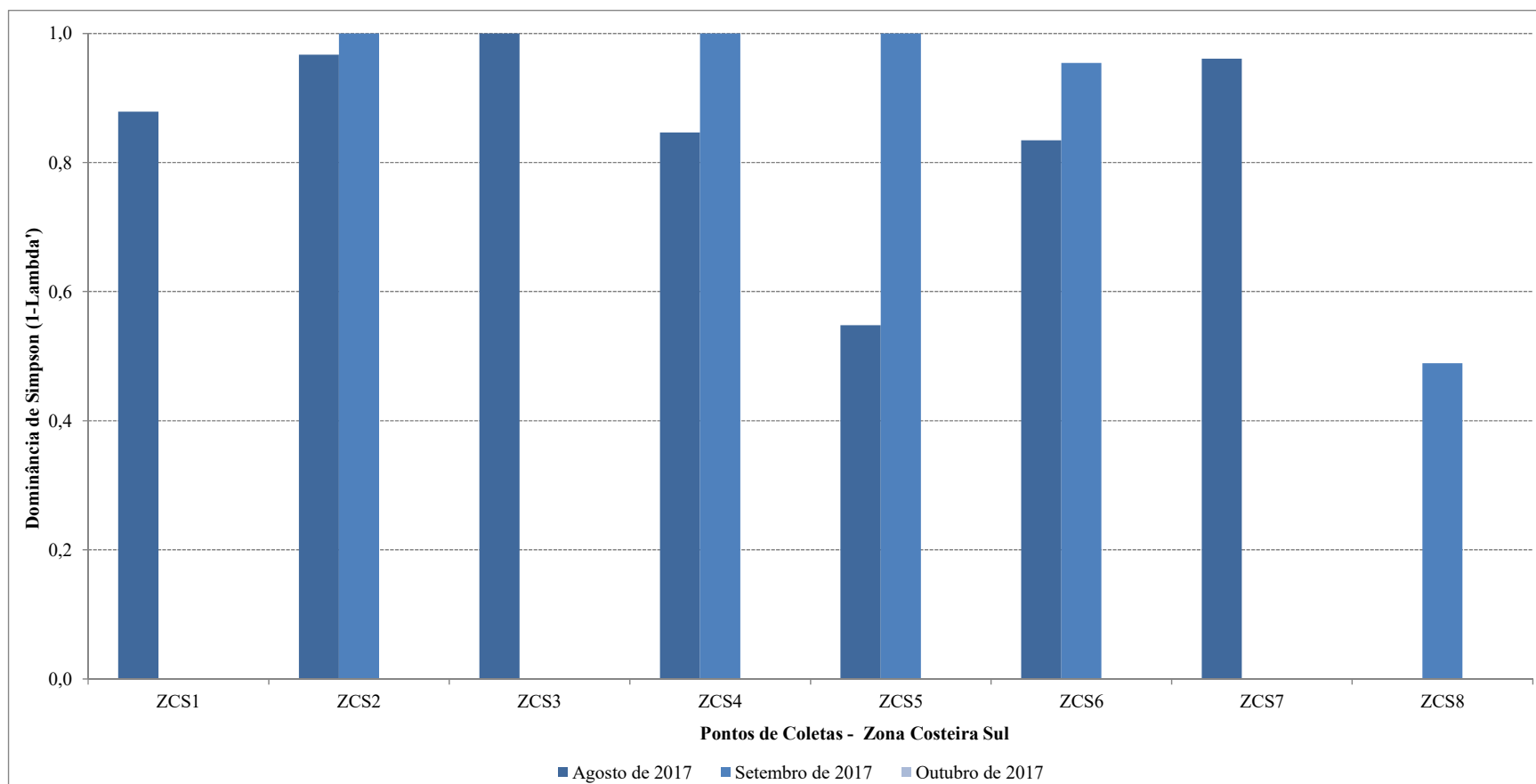
Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.173: Variação da Diversidade de Shannon da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.174: Variação da Dominância de Simpson da meiofauna encontrada na Zona Costeira Sul, durante os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2017.

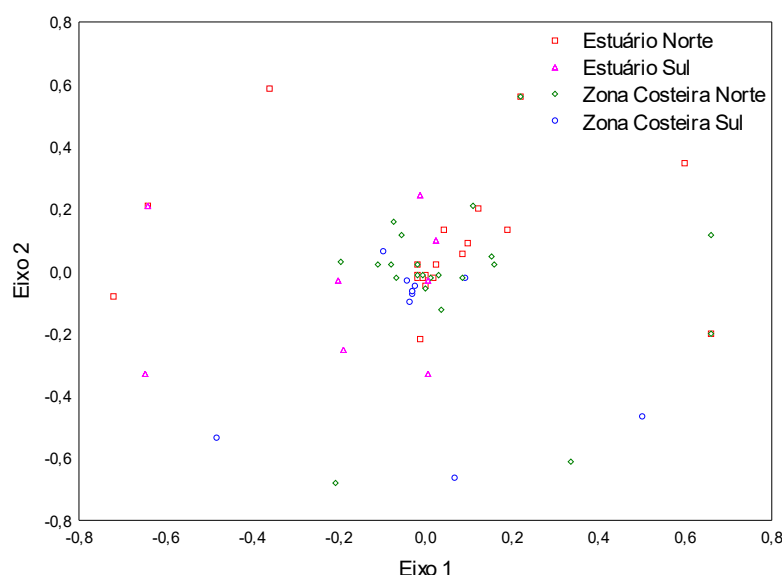


Fonte: Fundação Renova, 2017.

Foi realizada um NMDS a partir de uma matriz de composição da meiofauna resultando apresentou um stress de 0,15, indicando resultado confiável, sendo ideal para a análise (BURNHAM e ANDERSON, 2001).

A partir dos dados gerados por essa análise, foi realizada uma inspeção visual através de gráficos de dispersão, sendo notado que esta separação entre as unidade amostrais não foi nítida. Apesar de muitos pontos se encontrarem próximos, indicando uma maior similaridade entre eles, esses pontos se encontravam, em sua maioria, sobrepostos independentemente da sub-região a qual pertencem (Gráfico 5.175).

Gráfico 5.175: Representação gráfica dos dois primeiros eixos do NMDS, mostrando a organização espacial da meiofauna trechos amostrados.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

Assim como para macrofauna, embora as análises visuais dos gráficos não tenham evidenciado diferenças nítidas entre as sub-regiões investigadas, os resultados da MRPP (procedimentos de permutações de múltipla-resposta), apontaram diferenças significativas entre elas. A Tabela 5.147 apresenta estes dados e mostra a diferença significativa entres estas áreas.

Tabela 5.147: Resultados da MRPP para os diferentes trechos. Em negrito, destacam-se os resultados que foram estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$.

Tipo	A	Significância do delta
Zona Costeira Norte x Zona Costeira Sul	0,0452	0,001
Zona Costeira Norte x Estuário Norte	0,0007	0,362
Zona Costeira Norte x Estuário Sul	0,011	0,098
Zona Costeira Sul x Estuário Norte	0,0393	0,003
Zona Costeira Sul x Estuário Sul	0,0109	0,206
Estuário Norte x Estuário Sul	0,0190	0,078

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Ao contrário do que foi observado para macrofauna, tanto Estuários quanto Zonas Costeiras os pontos localizados na região sul, que fica abaixo da foz do rio Doce, foram os que tiveram menor densidade e riqueza.

Apesar da análise visual do gráfico gerado com os escores na NMDS não ter demonstrado nítida diferença entre as sub-regiões, os resultados da MRPP mostrou diferenças significativas entre elas, o que corrobora com os dados evidenciados pelos demais atributos de comunidade avaliados.

Ainda cabe destacar a presença expressiva do copepode Harpacticoida em todos os trechos e na maioria dos pontos, sendo, em geral responsável pela maior parte da densidade do filo Arthropoda. Esses copepodes são considerados organismos de recuperação mais rápida devido a sua emergência ativa (ATILLA, 2003; DE TROCH *et al.*, 2005), por serem capazes de emergir ativamente do sedimento em direção à coluna de água, aumentando assim as chances de serem carreados para novas áreas.

5.12 Ecotoxicidade

5.12.1 Ecotoxicidade na Água

5.12.1.1 Ensaio Crônico com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata*

Os ensaios ecotoxicológicos crônicos realizados na água em Agosto de 2017 com os microcrustáceos da espécie *Ceriodaphnia dubia* apresentaram 21 resultados com efeitos “Não Tóxicos” e 43 com efeitos “Tóxicos”; e com as microalgas da espécie *Pseudokirchneriella subcapitata* houve uma certa inversão, em que 51 resultados foram de efeitos “Não Tóxicos” e

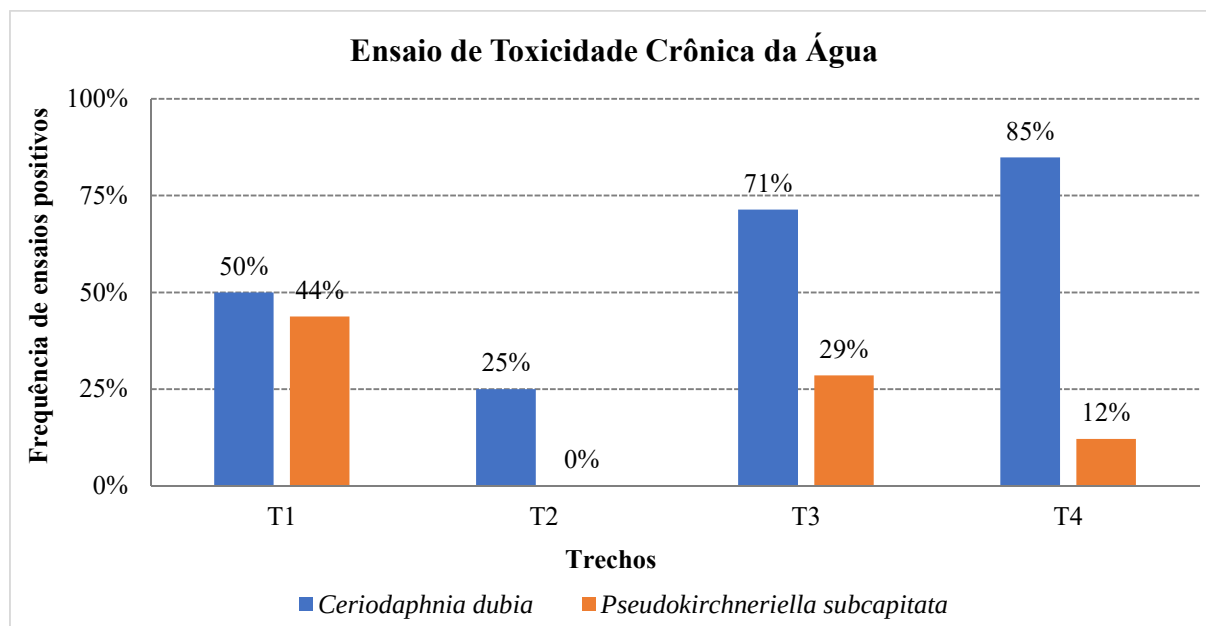
13 de efeitos “Tóxicos” (Tabela 5.148). Desta maneira, é possível observar que, em todos os trechos estudados, dentro da cadeia trófica os efeitos toxicológicos foram mais representativos nos ensaios realizados com *Pseudokirchneriella subcapitata* (produtor) do que quando comparados com a *Ceriodaphnia dubia* (consumidor primário). A porcentagem geral dos resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônicos realizados em Agosto, para *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata* constam no Gráfico 5.148.

Tabela 5.148: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata* realizados em Agosto de 2017 por trechos.

Trechos	Ensaio Crônico da Água			
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>		<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	
	Não Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Tóxico
T1	8	8	9	7
T2	6	2	8	0
T3	2	5	5	2
T4	5	28	29	4
Total	21	43	51	13

Fonte: Fundação Renova, 2017

Gráfico 5.176: Percentual geral dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata* por trechos de coletas realizados em Agosto de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.1.2 Trecho 1

Os resultados das amostras dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 1 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram oito ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 50% do total de amostras deste trecho. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, os valores mais baixos da Concentração de Efeito Não Observado (CENO) e da Concentração de Efeito Observado (CEO) foram de 3,13% nos pontos RCA01 e RGN08, e os valores mais altos de 50% (CENO) e 100% (CEO) nos pontos RCA04 e RGN05. Os pontos de coletas com efeitos “Não Tóxicos” possuem a CENO igual a 100%, ou seja a amostra não causou efeito deletério nos organismos no tempo de exposição e nas condições do teste

Os ensaios com *Pseudokirchneriella subcapitata*, sete amostras indicaram resultados com efeitos “Tóxicos” correspondendo a 44% das amostras. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, os valores mais baixos de CENO foram de 50% nos pontos RCA01, RCA05, RGN04, RGN05, RGN06 e RPG 01, e de CEO foi 75% no ponto RCA05, e os valores mais altos de CENO foi de 75% no ponto RCA03, e de CEO foi de 100% nos pontos RCA01, RCA03, RGN04, RGN05, RGN06 e

Tabela 5.149: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata* realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 1. (NC: não calculável).

Pontos de Coletas / Trecho 1	Ensaio Crônico da Água					
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>			<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>		
	CENO	CEO	Efeito	CENO	CEO	Efeito
RCA01	< 3,13	3,13	Tóxico	50	100	Tóxico
RCA02	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RCA03	>100	NC	Não tóxico	75	100	Tóxico
RCA04	50	100	Tóxico	-	-	Não tóxico
RCA05	>100	NC	Não tóxico	50	75	Tóxico
RCA06	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
RDO01	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RGN01	< 6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
RGN02	6,25	12,5	Tóxico	-	-	Não tóxico
RGN03	<6,25	6,25	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RGN04	25	50	Tóxico	50	100	Tóxico
RGN05	50	100	Tóxico	50	100	Tóxico
RGN06	>100	NC	Não tóxico	50	100	Tóxico
RGN07	> 100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RGN08	<3,13	3,13	Tóxico	-	-	Não tóxico
RPG01	>100	NC	Não tóxico	50	100	Tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.1.3 Trecho 2

Para o Trecho 2 os ensaios ecotoxicológicos crônicos da água realizados em Agosto de 2017 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram dois ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 25% do total de amostras para este trecho. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, o ponto RDO03 apresentou os menores valores para CENO e CEO (6,25% para ambas as concentrações), já o ponto RDO04 apresentou os maiores valores de CENO e CEO, sendo de 25% e 50%, respectivamente (Tabela 5.150)

Os ensaios com *Pseudokirchneriella subcapitata* apresentaram em todos os pontos de coletas resultados com efeitos “Não Tóxicos” correspondendo a 100% das amostras

Tabela 5.150: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata* realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 2. (NC: não calculável).

Pontos de Coletas / Trecho 2	Ensaio Crônico da Água					
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>			<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>		
	CENO	CEO	Efeito	CENO	CEO	Efeito
RDO03	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
RDO04	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
RDO05	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RDO06	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RMA01	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RPC02	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RPC03	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RSA01	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.1.4 Trecho 3

No Trecho 3 os resultados das amostras dos ensaios ecotoxicológicos crônicos da água realizados em Agosto de 2017 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram cinco ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 71% do total de amostras para este trecho. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, os valores mais baixos de CENO e CEO foram de 3,13% no ponto RDO09, e os valores mais altos de 50% (CENO) e 100% (CEO) no ponto RDO10.

Nos ensaios com *Pseudokirchneriella subcapitata*, dois ensaios apresentaram resultados com efeitos “Tóxicos” correspondendo a 29% das amostras. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, o valor mais baixo de CENO foi encontrado no ponto RDO09 (50%) e o maior valor no ponto RMH01 (75%). Ambos os pontos de coletas apresentaram CEO de 100% (Tabela 5.151 e Gráfico 5.177

T

tabela 5.151: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata* realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 3. (NC: não calculável).

Pontos de Coletas / Trecho 3	Ensaio Crônico da Água					
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>			<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>		
	CENO	CEO	Efeito	CENO	CEO	Efeito
RCR01	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RDO07	< 6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
RDO08	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
RDO09	<3,13	3,13	Tóxico	50	100	Tóxico
RDO10	50	100	Tóxico	-	-	Não tóxico
RMH01	<100	NC	Não tóxico	75	100	Tóxico
RSG01	NC	NC	Tóxico	-	-	Não tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.1.5 Trecho 4

O Trecho 4 apresenta ambientes lóticos e lênticos. De maneira geral para este trecho, os resultados das amostras dos ensaios ecotoxicológicos crônicos da água realizados em Agosto de 2017 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram 28 ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 85% do total de amostras para este trecho, considerando-se as diferentes profundidades de um mesmo ponto de coleta, nos ambientes lênticos. Já para os ensaios com *Pseudokirchneriella subcapitata*, quatro ensaios apresentaram resultados com efeitos “Tóxicos” correspondendo a 12% das amostras (Tabela 5.152)

Tabela 5.152: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata* realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 4. (NC: não calculável).

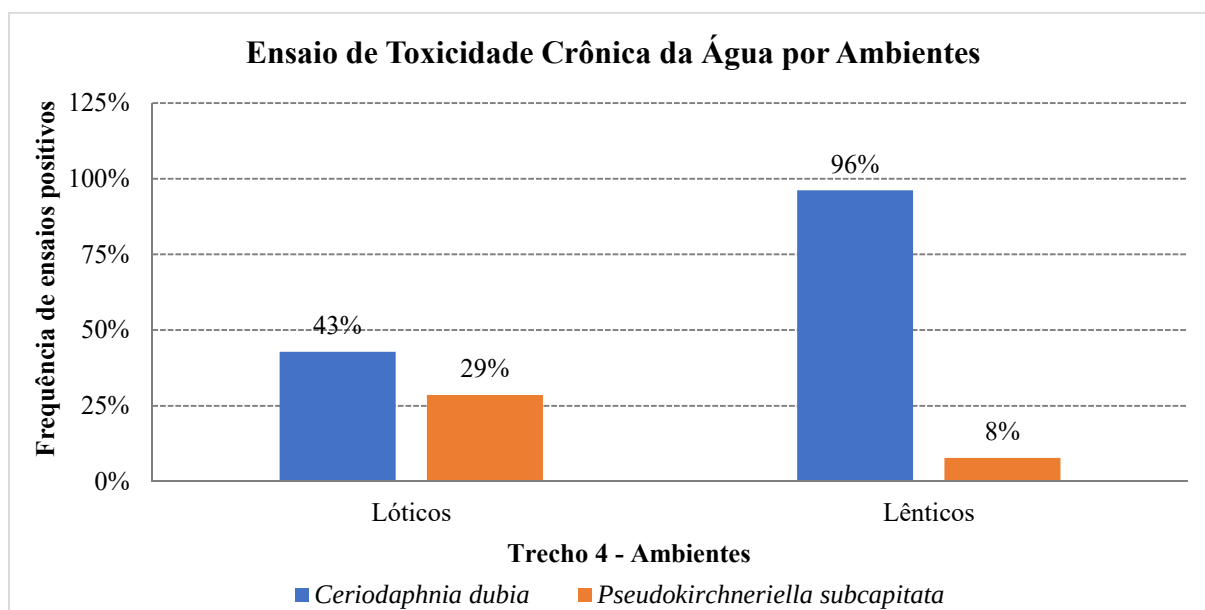
Pontos de Coletas / Trecho 4	Prof.	Ensaio Crônico da Água					
		<i>Ceriodaphnia dubia</i>			<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>		
		CENO	CEO	Efeito	CENO	CEO	Efeito
LAL 01	Prof I	<3,13	3,13	Tóxico	-	-	Não tóxico
LAL 01	Prof II	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
LAO 01	Prof I	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LAO 02	Prof I	50	100	Tóxico	-	-	Não tóxico
LJP 01	Prof I	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
LJP 01	Prof II	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
LJP 02	Prof I	6,25	12	Tóxico	-	-	Não tóxico
LJP 03	Prof I	25	50	Tóxico	-	-	Não Tóxico
LJP 03	Prof II	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
LLM 01	Prof I	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LLM 01	Prof II	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LLM 02	Prof I	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LLM 02	Prof II	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LLM 03	Prof I	50	100	Tóxico	-	-	Não tóxico
LLM 03	Prof II	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LMN 01	Prof I	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LMN 01	Prof II	50	100	Tóxico	-	-	Não tóxico
LMN 02	Prof I	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LMN 02	Prof II	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
LVN 01	Prof I	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
LVN 02	Prof I	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
LVN 02	Prof II	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
LVN 02	Prof III	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LVN 03	Prof I	25	50	Tóxico	-	-	Não tóxico
LVN 03	Prof II	25	50	Tóxico	50	100	Tóxico
LVN 03	Prof III	25	50	Tóxico	50	100	Tóxico
RDO11	-	50	100	Tóxico	50	75	Tóxico
RDO12	-	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RDO13	-	<3,13	3,13	Tóxico	-	-	Não tóxico
RDO14	-	<6,25	6,25	Tóxico	-	-	Não tóxico
RDO15	-	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RDO16	-	>100	NC	Não tóxico	-	-	Não tóxico
RGU01	-	>100	NC	Não tóxico	75	100	Tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Quando analisados os ambientes lóticos e lênticos deste trecho separadamente, observa-se que nos ensaios com *Ceriodaphnia dubia* 43% e 96% das amostras apresentam resultados com efeitos “Tóxicos” para os ambientes lóticos e lênticos, respectivamente. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, os valores mais baixos de CENO e CEO nos ambientes lóticos e lênticos foi de 3,13% nos pontos RDO13 e LAL01, e os maiores valores nos pontos LAO02, LLM03, LMN01 e RDO11 sendo de 50% de CENO e 100% de CEO.

Já para os ensaios com *Pseudokirchneriella subcapitata*, os ambientes lóticos e lênticos apresentaram 29% e 8% de ensaios com efeitos “Tóxicos”, respectivamente (Gráfico 5.177). Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, nos ambientes lóticos os valores mais baixos de CENO e CEO foram obtidos no ponto RDO11, e os maiores valores no ponto RGU01. Para os ambientes lênticos, o ponto LNV03 nas profundidades II e III apresentou valores de CENO e CEO de 50% e 100% respectivamente.

Gráfico 5.177: Percentual dos ensaios ecotoxicológicos crônico da água com *Ceriodaphnia dubia* e *Pseudokirchneriella subcapitata*, realizados em Agosto de 2017 para os ambientes lóticos e lênticos do Trecho 4.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.1.6 Ensaio Agudo com *Danio rerio* e *Daphnia similis*

Os ensaios ecotoxicológicos agudos da água realizados em Agosto de 2017 com a espécie de peixe *Danio rerio* e com o microcrustáceo da espécie *Daphnia similis* apresentaram

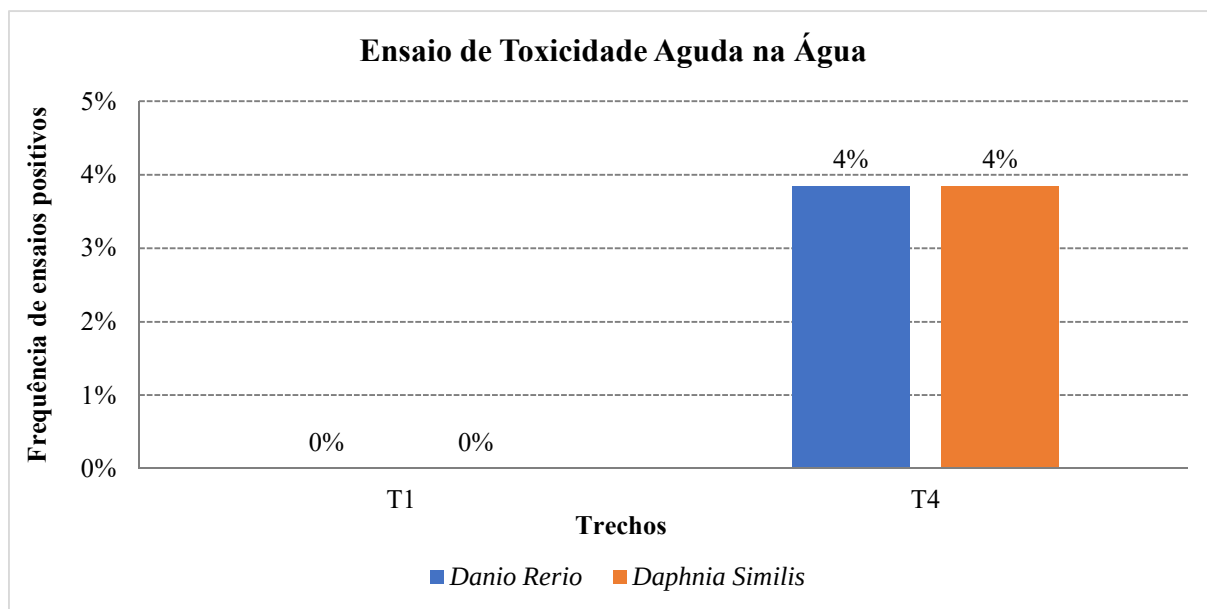
ambos 29 resultados com efeitos “Não Tóxicos” e um com efeito “Tóxico”. É possível observar que nos ensaios agudos realizados nos dois trechos os efeitos toxicológicos apresentaram o mesmo comportamento dentro da cadeia trófica, tanto para *Daphnia similis* (consumidor primário) como para *Danio rerio* (consumidor secundário), podendo inferir assim que não houveram diferenças da toxicidade dentro da mesma. A porcentagem geral dos resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudos realizados em Agosto, para os organismos *Danio rerio* e *Daphnia similis* constam no Gráfico 5.178.

Tabela 5.153: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudo na água com *Danio rerio* e *Daphnia similis* realizados em Agosto de 2017 por trechos.

Trechos	Ensaio Agudo na Água			
	<i>Danio rerio</i>		<i>Daphnia similis</i>	
	Não Tóxico	Tóxico	Não Tóxico	Tóxico
T1	4	0	4	0
T4	25	1	25	1
Total	29	1	29	1

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.178: Percentual geral dos ensaios ecotoxicológicos agudo na água com *Danio rerio* e *Daphnia Ssimilis*, realizados em Agosto de 2017 por trechos.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.1.7 Trecho 1

Os resultados das amostras dos ensaios ecotoxicológicos agudo da água realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 1 com *Danio rerio* e *Daphnia similis* apresentaram efeitos “Não Tóxicos” em 100% dos pontos de coletas, ou seja essas amostras não causam mortalidade ou imobilidade dos organismos expostos nas condições dos testes .

Tabela 5.154: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudo da água com *Danio rerio* e *Daphnia similis* realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 1.

Pontos de Coletas / Trecho 1	Ensaio Agudo da Água			
	<i>Danio rerio</i>		<i>Daphnia similis</i>	
	CL ₅₀	Efeito	CE ₅₀	Efeito
RCA02	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
RDO01	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
RGN06	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
RGN08	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.1.8 Trecho 4

Para o Trecho 4 os ensaios ecotoxicológicos agudo da água realizados em Agosto de 2017 com *Danio rerio* e *Daphnia similis* indicaram efeitos “Tóxicos” para ambos os organismos apenas no ponto de coleta LJP01 na profundidade II, correspondendo a 4% do total de amostras para cada ensaio (Tabela 5.155). Para os ensaios com *Danio rerio* o ponto LJP01 apresentou na profundidade II CL₅₀ de 31%, ou seja é a concentração da amostra que causa mortalidade de 50% dos organismos no tempo de exposição (96h), nas condições dos testes realizados, e com *Daphnia similis* o valor de CE₅₀ foi de 80,79% o que significa que esta concentração da amostra causa um efeito agudo (imobilidade, por exemplo) a 50% dos organismos no tempo de exposição (48h), nas condições dos testes (Tabela 5.155).

Tabela 5.155: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos agudo da água com *Danio rerio* e *Daphnia similis* realizados em Agosto de 2017 para o Trecho 4.

Pontos de Coletas / Trecho 4	Profundidade	Ensaio Agudo da Água			
		<i>Danio rerio</i>		<i>Daphnia similis</i>	
		CL ₅₀	Efeito	CE ₅₀	Efeito
LAL 01	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LAL 01	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LAO 01	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LAO 02	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LJP 01	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LJP 01	Prof II	31	Tóxico	80,79	Tóxico
LJP 02	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LJP 03	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LJP 03	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LLM 01	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LLM 01	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LLM 02	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LLM 02	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LLM 03	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LLM 03	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LMN 01	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LMN 01	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LMN 02	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LMN 02	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LNV 01	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LNV 02	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LNV 02	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LNV 02	Prof III	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LNV 03	Prof I	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LNV 03	Prof II	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico
LNV 03	Prof III	>100	Não tóxico	>100	Não tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

O IGAM inseriu os ensaios de ecotoxicidade no Programa Águas de Minas a partir de 2001, contemplando alguns pontos na bacia do rio Doce, visando aprimorar as informações referentes à toxicidade causada pelos lançamentos de substâncias tóxicas nos corpos de água, inicialmente focada nos impactos de agrotóxicos. Nos ensaios de ecotoxicidade crônica o organismo utilizado é o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia* e os dados anteriores ao rompimento da barragem de Fundão já apontavam efeitos crônicos em alguns trechos do rio Doce e seus afluentes

5.12.2 Ecotoxicidade no Sedimento

5.12.2.1 Ensaio Crônico com *Ceriodaphnia dubia*

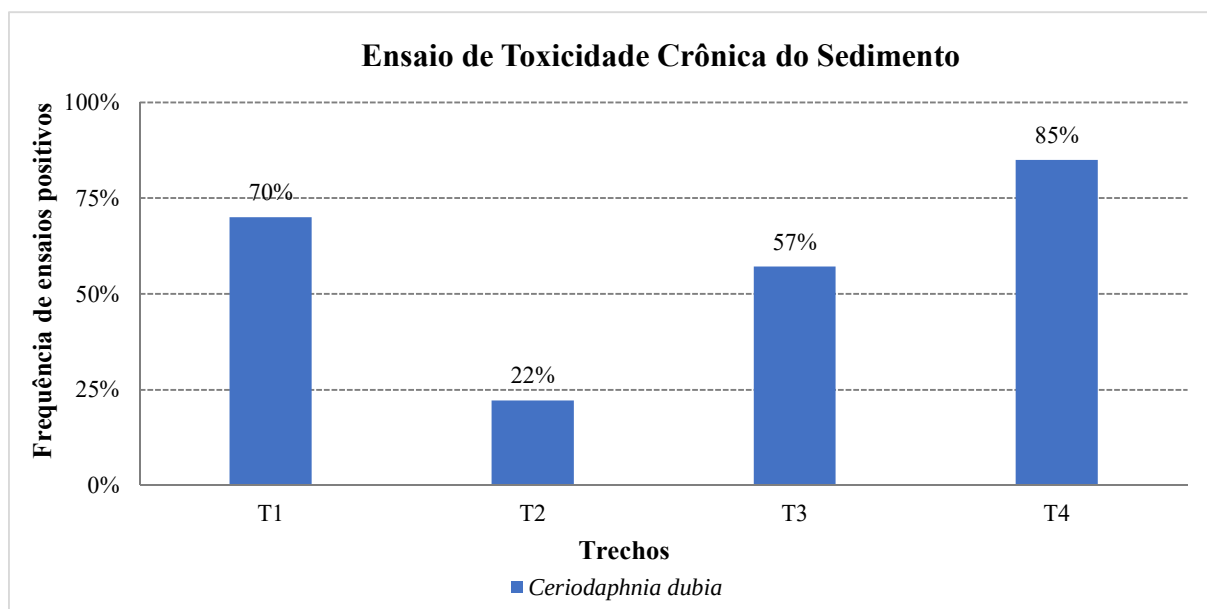
Os ensaios ecotoxicológicos crônicos dos sedimentos realizados em Outubro de 2017 com os microcrustáceos da espécie *Ceriodaphnia dubia* apresentaram 16 resultados com efeitos “Não Tóxicos” e 30 com efeitos “Tóxicos” para *Ceriodaphnia dubia*, o que corresponde a 35% e 65%, respectivamente (Tabela 5.156).

Tabela 5.156: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com *Ceriodaphnia dubia* realizados em Outubro de 2017 por trechos.

Trechos	Ensaio Crônico nos Sedimentos	
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	
	Não Tóxico	Tóxico
T1	3	7
T2	7	2
T3	3	4
T4	3	17
Total	16	30

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Gráfico 5.179: Percentual geral dos ensaios ecotoxicológicos crônico do sedimentos com *Ceriodaphnia dubia*, realizados em Outubro de 2017.



Fonte: Fundação Renova, 2017

5.12.2.2 Trecho 1

Os resultados das amostras dos ensaios ecotoxicológicos crônicos dos sedimentos realizados em Outubro de 2017 para o Trecho 1 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram sete ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 70% do total de amostras para este trecho. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, os valores mais baixos da Concentração de Efeito Não Observado (CENO) e da Concentração de Efeito Observado (CEO) foram de 6,25% nos pontos RCA03, RCA04, RCA05, RDO01 e RPG01, e os valores mais altos de 50% (CENO) nos pontos RCA02 e RGN01, e 100% (CEO) nos pontos RCA02 e RGN01. Os pontos de coletas com efeitos “Não Tóxicos” possuem a CENO igual a 100%, ou seja as amostras não causam efeito deletério nos organismos no tempo de exposição e nas condições do teste (Tabela 5.157)

Tabela 5.157: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com *Ceriodaphnia dubia* realizados em Outubro de 2017 para o Trecho 1.

Pontos de Coletas / Trecho 1	Ensaio Crônico nos Sedimentos		
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>		
	CENO	CEO	Efeito
RCA01	>100	NC	Não tóxico
RCA02	50	100	Tóxico
RCA03	<6,25	6,25	Tóxico
RCA04	<6,25	6,25	Tóxico
RCA05	<6,25	6,25	Tóxico
RDO01	<6,25	6,25	Tóxico
RGN01	50	100	Tóxico
RGN06	>100	NC	Não tóxico
RGN08	>100	NC	Não tóxico
RPG01	<6,25	6,25	Tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.2.3 Trecho 2

Para o Trecho 2 os ensaios ecotoxicológicos crônicos dos sedimentos realizados em Outubro de 2017 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram dois ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 22% do total de amostras para este trecho. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, os pontos RDO03 e RPC03 apresentaram os menores valores para CENO e CEO (6,25% para ambas as concentrações) (Tabela 5.158).

Tabela 5.158: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com *Ceriodaphnia dubia* realizados em Outubro de 2017 para o Trecho 2.

Pontos de Coletas / Trecho 2	Ensaio Crônico nos Sedimentos		
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>		
	CENO	CEO	Efeito
RDO03	<6,25	6,25	Tóxico
RDO04	>100	NC	Não tóxico
RDO05	>100	NC	Não tóxico
RDO06	>100	NC	Não tóxico
RMA01	>100	NC	Não tóxico
RPC01	>100	NC	Não tóxico
RPC02	>100	NC	Não tóxico
RPC03	<6,25	6,25	Tóxico
RSA01	>100	NC	Não tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.2.4 Trecho 3

No Trecho 3 os resultados das amostras dos ensaios ecotoxicológicos crônicos dos sedimentos realizados em Outubro de 2017 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram quatro ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 57% do total de amostras para este trecho. Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, os valores mais baixos de CENO e CEO foram de 12,5% e 25%, respectivamente, no ponto RDO09, e os valores mais altos de 50% (CENO) e 100% (CEO) nos ponto RCR01 e RDO10 (Tabela 5.159).

Tabela 5.159: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico do sedimento com *Ceriodaphnia dubia* realizados em Outubro de 2017 para o Trecho 3.

Pontos de Coletas / Trecho 3	Ensaio Crônico nos Sedimentos		
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>		
	CENO	CEO	Efeito
RCR01	50	100	Tóxico
RDO07	>100	NC	Não tóxico
RDO08	>100	NC	Não tóxico
RDO09	12,5	25	Tóxico
RDO10	50	100	Tóxico
RMH01	>100	NC	Não tóxico
RSG01	>100	NC	Tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

5.12.2.5 Trecho 4

De maneira geral para este trecho, os resultados das amostras dos ensaios ecotoxicológicos crônicos dos sedimentos realizados em Outubro de 2017 com *Ceriodaphnia dubia* indicaram 17 ensaios com efeitos “Tóxicos”, correspondendo a 85% do total de amostras para este trecho (Tabela 5.160 e Gráfico 5.180).

Tabela 5.160: Resultados dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com *Ceriodaphnia dubia* realizados em Outubro de 2017 para o Trecho 4.

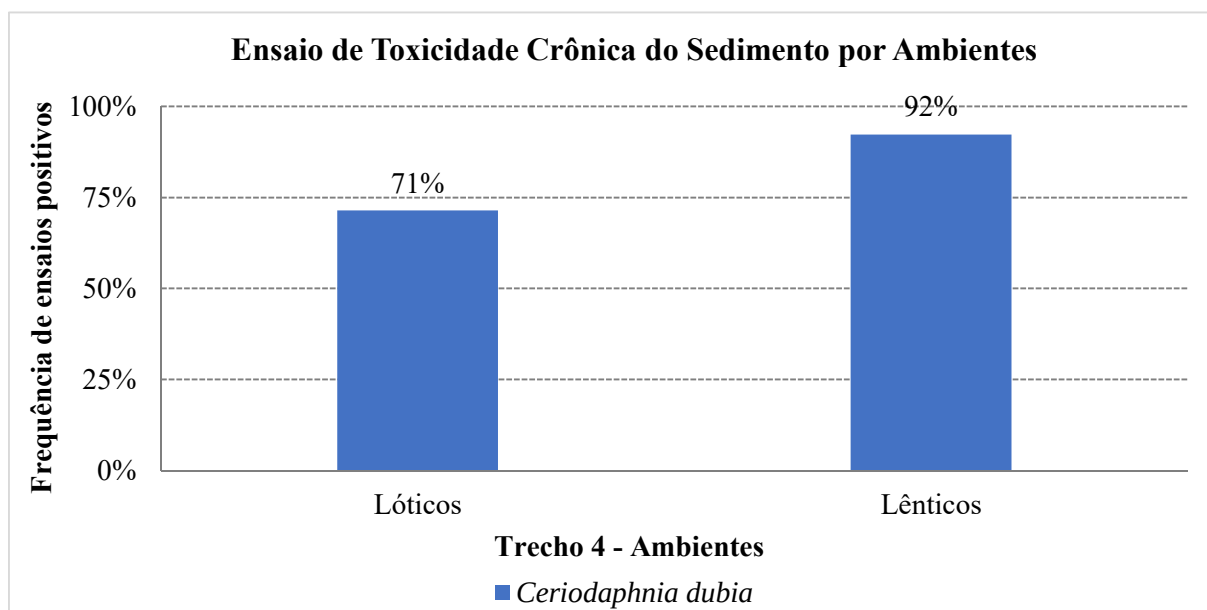
Pontos de Coletas / Trecho 4	Ensaio Crônico nos Sedimentos		
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>		
	CENO	CEO	Efeito
LAL 01	25	50	Tóxico
LAO 01	<6,25	6,25	Tóxico
LAO 02	<6,25	6,25	Tóxico
LJP 01	50	100	Tóxico
LJP 03	<6,25	6,25	Tóxico
LLM 01	25	50	Tóxico
LLM 02	25	50	Tóxico
LLM 03	<6,25	6,25	Tóxico
LMN 01	50	100	Tóxico
LMN 02	>100	NC	Não tóxico
LVN 01	50	100	Tóxico
LVN 02	<6,25	6,25	Tóxico
LVN 03	6,25	12,5	Tóxico
RDO11	<6,25	6,25	Tóxico
RDO12	12,5	25	Tóxico
RDO13	<6,25	6,25	Tóxico
RDO14	>100	NC	Não tóxico
RDO15	50	100	Tóxico

RDO16	50	100	Tóxico
RGU01	>100	NC	Não tóxico

Fonte: Fundação Renova, 2017.

Quando analisados os ambientes lóticos e lênticos deste trecho separadamente, é possível observar que nos ensaios com *Ceriodaphnia dubia* 71% e 92% das amostras apresentam resultados com efeitos “Tóxicos” para os ambientes lóticos e lênticos, respectivamente (Gráfico 5.180). Em relação aos pontos com efeitos tóxicos para estes organismos, nos ambientes lóticos os valores mais baixos de CENO e CEO foram obtidos nos pontos RDO11 e RDO13 e os maiores valores nos pontos RDO15 e RDO16. Para os ambientes lênticos, os valores mais baixos de CENO e CEO foram obtidos nos pontos LAO01, LAO02, LJP03, LLM03 e LNV02, e os maiores valores nos pontos LJP01, LMN01 e LNV01.

Gráfico 5.180: Percentual dos ensaios ecotoxicológicos crônico dos sedimentos com *Ceriodaphnia dubia* realizados para os ambientes lóticos (a) e lênticos (b) em Outubro de 2017 para o Trecho 4.



Fonte: Fundação Renova, 2017.

6. Conclusões

O presente documento se refere a análise dos dados gerados no primeiro trimestre de monitoramento do PMQQS, contemplando as campanhas de amostragem dos meses de agosto, setembro e outubro de 2017. As campanhas de coletas de agosto/17 a outubro/17 do PMQQS foram realizadas seguindo estritamente os procedimentos de coleta e análise de amostra preconizados nesse programa. Os resultados físico químicos e limnológicos das amostras de água foram analisados pela equipe técnica da HIDROGEO e estão apresentados nesse relatório. As principais conclusões deste documento são elencadas abaixo:

- Foram observados valores elevados de condutividade elétrica medidos nas estações automáticas em Belo Oriente e Governador Valadares acima do nível alerta estabelecido para o PMQQS, possivelmente influenciadas por lançamento de efluentes industriais e domésticos, não associadas aos rejeitos;
- Resultados de turbidez se mantiveram dentro do limite preconizado na legislação na maioria dos pontos monitorados por meio das estações automáticas e na maior parte do tempo, com exceções das estações localizadas no rio Gualaxo do Norte e rio Carmo que apresentaram elevados valores possivelmente influenciados pelas obras de engenharia e movimentação de terra realizadas. Estes valores elevados também podem estar relacionados ao acúmulo de algas filamentosas nestes trechos do rio Gualaxo que ficam aderidas aos sensores de turbidez. Nas estações automáticas localizadas no rio Doce a jusante UHE Risoleta Neves até a localidade de Belo Oriente, foram constatados elevados valores de turbidez provavelmente influenciados pelas obras de desassoreamento do reservatório UHE;
- A maior parte dos parâmetros monitorados nos rios encontrou-se enquadrada em relação às normas ambientais utilizadas como valores de referência para esse estudo. Os parâmetros que apresentaram valores desenquadrados foram: *Escherichia coli*, turbidez, oxigênio dissolvido, pH, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total. Apesar das violações aos limites legais, ressalta-se que muitas destas violações também ocorreram em afluentes do rio Doce que não foram afetados com os rejeitos do rompimento da barragem de Fundão. Muitas destas violações já ocorriam na bacia do

rio Doce antes mesmo do rompimento da barragem de Fundão, conforme demonstram os resultados de monitoramento da série histórica do IGAM e IEMA;

- Os resultados refletiram uma boa recuperação das drenagens atingidas pelo rompimento da barragem de Fundão, principalmente em relação a concentração de metais associados ao rejeito do processo de beneficiamento do minério de ferro (Al, Fe e Mn), assim como para os parâmetros turbidez e sólidos suspensos totais. Estes resultados podem estar associados as atividades de recuperação desenvolvidas na bacia, que envolvem principalmente as ações de contenção de rejeitos em Fundão bem como ações de contenções de rejeitos em margens e planícies de inundação e outras intervenções que possuem relação direta ou indireta com a qualidade da água, assim como a própria recuperação natural do ambiente;
- Além dos rios da bacia de interesse e seus afluentes, são monitoradas também as lagoas localizadas nos municípios na porção do ES. Após o rompimento da barragem de Fundão, durante o período de cheia do rio Doce em janeiro de 2016, as águas do rio contendo sedimentos da barragem rompida adentraram canais e lagoas desta região. Os parâmetros que apresentaram valores desenquadrados em relação à legislação ambiental para lagoas, considerando águas doces de enquadramento classe 2 foram: *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, sólidos dissolvidos totais, cloreto, cor, alumínio dissolvido, ferro dissolvido e manganês total;
- Foram calculados os índices de qualidade de água (IQA) e índice de contaminação por tóxicos (CT), utilizando-se metodologias da CETESB (2008) e IGAM (2012). Essas análises demonstram uma qualidade de água de classificação média nos trechos 1 e 2 (correspondentes ao trecho da Mina da Samarco até a UHE Baguari) a boa, nos trechos 3 e 4 (correspondentes ao trecho da UHE Baguari à foz). A classificação de todas as amostras das campanhas deste trimestre pelo índice de contaminação por compostos tóxicos, teve valor baixo (CT 1,0);
- Os valores de vazão medidos demonstram um aumento gradativo da vazão do rio Doce, à medida que recebe os afluentes. Houve uma queda na vazão do mês de setembro, em relação a agosto, e em outubro os valores se elevaram novamente, com a entrada do período chuvoso;

- Os resultados da análise de metais no Material Particulado em Suspensão (MPS) sugerem uma composição química maior de ferro, seguido por alumínio, manganês e por vezes um pouco de boro. Os resultados da análise de granulometria indicam que a composição de silte foi a maior fração encontrada seguida da fração argila, o que já era esperado já que as partículas capazes de continuar em suspensão por mais tempo na água são as mais finas (argilas);
- Foi observado maiores valores descarga sólida total (ton/dia) nos pontos do rio Doce em São Domingos do Prata e em Linhares, enquanto que o ponto no rio Gualaxo do Norte apresentou menores valores de descarga sólida total. No geral, a descarga sólida em suspensão é maior que a descarga sólida de fundo, pois além do fluxo ser mais intenso na coluna d'água que no fundo, as partículas são mais pesadas do fundo tendem a ser mais difíceis de serem transportadas que as mais finas em suspensão;
- Nas águas dos estuários ocorreram mais não conformidades em relação aos limites da legislação do que na zona costeira. Os parâmetros *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, pH, nitrito, nitrato, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total, níquel total e zinco total apresentaram-se acima do limite da legislação para alguns pontos dos estuários. Enquanto que para a zona costeira apenas houve excêndencias da legislação para os parâmetros *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, pH e nitrato;
- Nos sedimentos, os resultados de análises químicas avaliados apresentaram concentrações acima do nível 2 da legislação de referência apenas para arsênio nos rios Gualaxo do Norte e Carmo. Cabe ressaltar que estas ocorrências foram constatadas em pontos não afetados por rejeitos do rompimento da barragem. Concentrações acima do nível 1 foram constatadas para os parâmetros arsênio, cromo e níquel em pontos dos rios impactados bem como em afluentes não impactados, como o Piracicaba e Matipó. Estes metais já foram identificados em concentrações elevadas em estudos anteriores ao rompimento da barragem;
- Nos sedimentos de lagoas apresentaram concentrações acima do nível 2 da legislação de referência apenas para arsênio nas lagoas do Areal e Areão. Concentrações acima do nível 1 da legislação de referência foram constatadas para os parâmetros: arsênio e nitrogênio kjedahl total em pontos das lagoas do Areal, Areão, Juparanã e Monsarás;

cromo em pontos das lagoas Areal, Areão, Juparanã e Nova; e carbono orgânico total em lagoa do Areal;

- Nos estuários e zona costeira, os resultados de análises químicas de sedimento apresentaram concentrações acima do nível 1 da legislação de referência apenas para arsênio com elevada frequência em diversas estações amostrais. O nível 2 da legislação somente foi ultrapassado em um único ponto da zona costeira em Aracruz. Isto já era esperado para o arsênio frente às altas concentrações deste metaloide no litoral do Espírito Santo. Foram observados também desconformidades acima do nível 1 da legislação para nitrogênio kjeldahl em Povoação e Regência, para níquel em Povoação e para zinco em Costa Dourada.
- Os resultados de granulometria de sedimentos ao longo do rio Doce apresentaram partículas mais finas mais a montante com um aumento gradual de granulometria para jusante. Já nos afluentes Gualaxo do Norte, Piranga e Caratinga o sedimento foi essencialmente composto por partículas mais finas. E nos rios Carmo, Piracicaba, Santo Antonio, Suaçuí Grande, Manhuaçu e Guandu apresentaram maior percentagem de partículas grossas;
- As amostragens de granulometria para as lagoas foram realizadas no mês de agosto e outubro, e a deposição de sedimentos nessas lagoas sofreram variações temporais. No geral as partículas granulométricas no mês de outubro foram menores que as encontradas em agosto;
- Nas áreas estuarinas os grãos de sedimentos predominantes encontrados variaram temporalmente ao longo dos meses amostrados e não possuíram um padrão. Já na zona costeira ao sul da foz do rio Doce, apresentaram em todos os meses o predomínio de areia média. Na foz do rio Doce e ao norte do rio Doce, a predominância foi de silte, sendo o teor de fração fina dos sedimentos nos meses amostrados foi mais frequente nesses locais;
- Em amostras de sedimento dos estuários e zona costeira não foi observado quantidade significativa de hematita que seria a fase mineral associada ao minério de ferro e seu rejeito. Esse fato sugere que o impacto ambiental da ruptura da barragem de fundão na região costeira apresenta-se em um estágio mais avançado de termação natural, ou seja,

com o passar do tempo o carreamento natural dos sedimentos tende a sobrepor ao material mais fino do rejeito que se depositou na região costeira;

- A biota aquática foi analisada com frequência mensal considerando os grupos do fitoplâncton e dos macroinvertebrados bentônicos. Os resultados apontaram a predominância de espécies associadas ao aporte de matéria orgânica e somente para os macroinvertebrados bentônicos dulcícolas foram identificadas diferenças entre os trechos, sendo que o trecho 3 (da UHE Baguari até UHE Aimorés) apresentou os melhores resultados;
- Os resultados dos testes de ecotoxicidade aguda demonstraram toxicidade apenas na Lagoa Juparanã, enquanto os resultados para a toxicidade crônica na água e sedimentos não apontaram um padrão consistente para os trechos. Nos ambientes lânticos, a maior parte dos resultados indicou efeitos tóxicos para a espécie de microcrustáceo e efeitos não tóxicos para a espécie de alga verde;
- As campanhas realizadas no mês de agosto, setembro e outubro, correspondem ao período de seca e é importante verificar as demais campanhas de monitoramento no período chuvoso, para uma descrição mais assertiva, em relação a qualidade de água e de sedimentos da bacia do rio doce como um todo.

7. Referências Bibliográficas

ANAGNOSTIDIS, K. Geitlerinema, a new genus of oscillatorialean cyanophytes. **Plant Systematics and Evolution** 164: 33-46. 1989.

ANGRISANO, E. B.; KOROB, P. G. Trichoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). **Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán, Argentina. Editorial Universitária de Tucumán, 2001.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22nd Edition. Washington, DC, USA. 2012.

AQEM - The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates. **Manual for the application of the AQEM System**, v. 1, 202p., 2002.

ARCHANGELSKY, M. Coleoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). **Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán, Argentina. Editorial Universitária de Tucumán. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.648:2011**. Ecotoxicologia aquática -Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12.713:2016**. Ecotoxicologia aquática -Toxicidade aguda - Método de ensaio com Daphnia spp (Crustacea, Cladocera). 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13.373:2016**. Ecotoxicologia aquática -Toxicidade crônica - Método de ensaio com Ceriodaphnia spp (Crustacea, Cladocera). 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.088:2011**. Ecotoxicologia aquática -Toxicidade aguda - Método de ensaio com peixes. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9.898:1987**. Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO/IEC 17025:2005** Versão Corrigida 2:2006. Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Norma ABNT **NBR 15.469:2015**. Ecotoxicologia - Coleta, preservação e preparo de amostras. 2015.

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J.B. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish**, second edition. EPA, Washington, 1999.

BEASLEY, C.R.; TAGLIARO, C.H.; FIGUEIREDO, W.B. **The occurrence of the Asian clam *Corbicula fluminea* in the Lower Amazon Basin**. Acta Amazonica, 33(2): 317-324. 2003.

BEAUMORD, A.C. Ecossistemas Aquaticos. In: BURGER, R. (Org.). **Ciências do Ambiente**. Rio de Janeiro: Editora Universidade Estacio de Sá, 2014.

BISPO, P. C.; CRISCI-BISPO, V. L. Ephemeroptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) **Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação**. Holos, Editora. Ribeirão Preto. p. 55-60, 2006.

BRINKHURST, R. O.; M. R. MARCHESE. **Guide of the freshwater aquatic Oligochaeta of South and Central America**. Col. Climax 6, Santo Tomé: 179 pp, 1989.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J., 2003. **Invertebrates**. 2. ed. Sinauer, Sunderland: 936pp, 2003.

CALLIL, C. T. & MANSUR, M. C. D. **Corbiculidae in the Pantanal: history of invasion in southeast and central South America and biometrical data**. Amazoniana, 17, 153-167. 2002.

CALLISTO, M.; MORENO, P. & BARBOSA, F. A. R. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v.61(2), p.259-266. 2001.

CALOR, A.R. Trichoptera. In Guia on-line: **identificação de larvas de insetos aquáticos do Estado de São Paulo**. (C.G. Froehlich, org.), 17p., 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/

CANFIELD, T.J.; N.E. KEMBLE; W.G. BRUMNAUGH; F.J. DWYER; C.G. INGERSOLL & FAIRCHILD, J.F. Use of benthic invertebrates community structure and the Sediment Quality Triad to evaluate metal-contaminated sediment in the upper Clark Fork River, Montana. **Environmental Toxicology and Chemistry** 13(12): 1999-2012. 1994.

CLARKE, K.R. & R.M. WARWICK. **Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation**. Plymouth, Natural Environmental Research Council, 234p. 1994.

COFFIMAN, W. P.; FERRINGTON Jr., L. C. CHIRONOMIDAE. Cap. 26. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3rd ed. **Kendall/Hunt Publishing Company**, United States of America, 1996.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Fitoplâncton de água doce: métodos qualitativos e quantitativo – Método de ensaio. São Paulo. **Norma Técnica L5. 303**. 23p. 2005.

CONAMA, **Resolução. 357/2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

CONAMA, **Resolução. 454/2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional, 2012.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM), CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CERH-MG). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH no. 01**, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário do Executivo “Minas Gerais”, 20/05/2008.

COSTA, C.; IDE, S. Odonata. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) **Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação**. Holos, Editora. Ribeirão Preto. 61-66, 2006.

COSTA, J. M.; SOUZA, L. O. I.; OLDRINI, B. B. Chave para identificação das famílias e gêneros das larvas conhecidas de Odonata do Brasil: comentários e registros bibliográficos (Insecta, Odonata). **Publicações Avulsas do Museu Nacional** – n. 99 – Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2004.

COURTNEY, G. W.; TESKEY, H. J.; MERRIT, R. W.; FOOTE, B. A. Part One; Larvae of Aquatic Diptera. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3.ed. **Kendall/Hunt Publishing Company**, United States of America, 1996.

CRANSTON, P. S., OLIVER, D. R. & SÆTHER, O. A. The larvae of Orthocladinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. **Entomologica scandinavica supplement**. Sandby, 1983.

CUMMINS, K. W.; MERRITT R. W.; ANDRADE, P.C.N. **The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in south Brasil**. Studies on neotropical fauna and environment, v. 40, n.1, 2005.

DALY, H. V. General Classification and Key to the Orders of Aquatic Insects and Semiaquatic Insects. Cap. 9. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). An Introduction to the

Aquatic Insects of North America. 3.ed. **Kendall/Hunt Publishing Company**, United States of America, 1996.

DA-SILVA, E.R., SALLES, F.F.; BAPTISTA, M.S. **As brânquias do gênero Leptophlebiidae** (Insecta: Ephemeroptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro. *Biota Neotropica*, v.2: p.1-4, 2002.

DESCHAMPS, E; MATSCHULLAT, J. **Arsênio Antropogênico e Natural**: Um Estudo em Regiões do Quadrilátero Ferrífero, FEAM: Belo Horizonte, Brasil, 2007.

DESCY, J. P. **Ecology of the phytoplankton of the River Moselle**: effects of disturbances on community structure and diversity. *Hydrobiologia*, v. 249, p. 111–116, 1993.

DESCY, J. P. Phytoplankton composition and dynamics in the River Meuse (Belgium). *Algological studies*, n. 47, p. 225-245. **Plant Systematics and Evolution** 164: 33-46. 1987.

DIAS, L. G., MOLINERI, C.; FERREIRA, P.S.C. **Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) do Brasil**. *Papéis Avulsos de Zoologia* v.47, n.19, p.213-244, 2007.

DIAS, L. G.; SALLES, F. F.; FRANCISCHETTI, C. N.; FERREIRA, P. S. F. **Key to the genera of Ephemerelloidea (Insecta: Ephemeroptera) from Brazil**. *Biota Neotropica*, v.6 n.1, p.1-6, 2006.

DOMÍNGUEZ, E.; C. Molineri; M. Pescador; M. Hubbard & C. Nieto. **Aquatic Biodiversity in Latin America**: Ephemeroptera of South America. Volume 2, Moscow, Pensoft, 646 p., 2006.

DOMÍNGUEZ, E.; HUBBARD, M. D., PESCADOR, M. L., RINGUELET, R. A. Los Ephemeroptera em Argentina. IN: **Fauna Dulce de República Argentina**. La Plata: 142 pp, 1994.

EDMUNDS Jr., G. F. and WALTZ R. D. Ephemeroptera. Cap. 11. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3rd ed. **Kendall/Hunt Publishing Company**, United States of America. p.126-163, 1996.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Ed. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro. 1998.

FERNADÉZ, H.R.; DOMINGUES E. **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos**, Tucumán: Editorial, Universidad de Tucumán, 282p., 2001.

FERREIRA, W.R. **Índice Biótico Bentônico no Biomonitoramento da Bacia do Rio das Velhas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Montes Claros, MG, 96p., 2009.

FITTKAU, E. J. & ROBACK, S. S. 1983. The larvae of Tanypodinae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed). Chironomidae of the Holarctic region part 1. **Larvae Entomologica scandinavica supplement**. Sandby, 1983.

FLINT JUNIOR, O.S., HOLZENTHAL, R.W.; HARRIS, S.C. **Catalog of the Neotropical Caddisflies (Insecta: Trichoptera)**. Ohio Biological Survey, Columbus, 239p.,1999.

GOULART, M. & CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**. ano 2. nº1 2003.

GOLDER ASSOCIATES (2016) Rompimento da Barragem de Fundão – **Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos e Sedimentos**. Preparado para Samarco S/A. Setembro de 2016.

GUIMARÃES, J. H. e AMORIN, D. S. 2006. Diptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C.E. (Eds.) **Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação**. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.

HAPPEY-WOOD, C.M. Ecology of freshwater planktonic green algae. In Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. (C.D. Sandgren, ed.). **Cambridge University Press** Cambridge, p.175-226. 1988.

HARRIS, G. P. **Phytoplankton Ecology: Structure, Function and Fluctuation**. London: Chapman and Hall, 1986. 384p.

HEM, D.J. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. 3ª ed. **U.S GEOLOGICAL SURVEY WATER-SUPPLY PAPER 2**.1989

HEO, W. & KIM, B. **The effect of artificial destratification on phytoplankton in a reservoir**. Hydrobiologia 524: 229–239. 2004.

HOCELLA JR, M.F; WHITEA.F. **Mineral- Water Interface Geochemistry. Mineral-Water Interface Geochemistry** Reviews in Mineralogy Series, Volume 23. 1990.

IDE, S. e COSTA C. Chave de Identificação para as Principais Ordens. Cap. 5. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (Eds.) **Insetos Imaturos. Metamorfose e identificação**. Holos, Editora. Ribeirão Preto. p.51- 54., 2006.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICO “**Encarte Técnico-02 anos de monitoramento da qualidade da água bruta do rio Doce**” divulgado pelo IEMA em dezembro de 2017

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Monitoramento das águas superficiais na bacia do rio Doce em 2009**. Belo Horizonte: IGAM, 2010.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2014**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2015.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2015**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM)- **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais - Programa Águas de Minas- Bacia rio Doce**. 2017

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS (IGAM)- **Encarte Especial sobre a Qualidade das Águas do Rio doce após 2 anos do rompimento da barragem de Fundação**” divulgado pelo IGAM em novembro de 2017

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Orientação sobre validação de métodos de ensaios químicos**. DOQ-CGCRE-008 Revisão 05. 31p. 2016.

JUNQUEIRA, V. M.; CAMPOS, S.C.M. 1998. **Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to rio das velhas watershed (Minas Gerais, Brazil)**. Acta Limnol. Bras v.10, n.2, p.125-135. 1998.

KESSLER, W. & Müller, G. **Minor and Trace-element Data of Iron Oxides from Iron-formations of the Iron Quadrangle**, Minas Gerais, Brazil. Mineralogy and Petrology, 39: 245-250. 1988

KREBS, C. Ecology, 4th Edition. **Harper and Row**. 1994.

LECCI, L.S.; FROELICH, C.G. **Taxonomic revision of Gripopteryx** (Pictet, 1841) (Plecoptera:nGripopterygidae). Zootaxa, v.2792, p.1–21., 2011.

LLOYD, M.; GHELARDI, R.J. A table for calculating the equitability component of species diversity. **Journal of Animal Ecology** 33: 217 – 225. 1964.

LOPRETTO, E. C; TELL, G. **Ecosistemas de aguas continentales**. Metodologias para su estudio. Tomo II. Ediciones Sur. La Plata, 1995.

LOYOLA, R. G. N. **Contribuição ao Estudo dos Macroinvertebrados Bentônicos em Afluentes da Margem Esquerda do Reservatório de Itaipu**. Curitiba. 300p. Tese (Doutorado em Zoologia) Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. Universidade Federal do Paraná. 1994.

- LUDWIG, J.A.; REYNOLDS, J.F. **Statistical ecology**. New York: John Wiley, 1988. 337p.
- MAGURRAN, A.E. Measuring **biological diversity**. Oxford, Blackwell Science, 256p. 2004.
- MANSUR, M. C. D., CALLIL, C. T., CARDOSO, F. R. & IBARRA, J. A. A. **Uma retrospectiva e mapeamento da invasão de espécies de Corbicula (Molusca, Bivalvia, Veneroidea, Corbiculidae) oriundas do sudeste asiático, na América do Sul**. In: Silva, J. S. V. & Souza, R. C. L. (Eds). *Água de lastro e bioinvasão* (pp.39-58). Rio de Janeiro: Ed. Interciência Ltda. 2004.
- MANSUR, M.C.D. & L.M.M.P. GARCES. **Ocorrência e Densidade de Corbiculafluminea (Mueller, 1774) e Neocorbicula limosa (Maton, 1811) na Estação Ecológica do Taim e áreas adjacentes**, Rio Grande do Sul, Brasil (Mollusca, Bivalvia, Corbiculidae). Iheringia, Série Zool. (68): 99-115. 1988.
- MARGALEF, R. **Limnologia**. Barcelona. Omega, 1010 P. 1983.
- MARIANO, R. Trichoptera. In: Guia on-line: **Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/
- MCMAHON, R. F. **The oceuurrence and spread ofthe introduced asiatic freshwater clam, Corbicula fluminea (Müller), in North América: 1924-1982**. Nautilus 96(4): 134-141. 1982.
- MERRITT, R. W.; Cummins, K. W. Introduction. Cap. 1. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). **Na Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W. **An introdution to the aquatic insects of North America**. 2ª ed., Dubuque, Kendall/Hunt. 722 p., 1984.
- MIRLEAN, N.; MEDEANIC, S.; GARCIA, F. A.; TRAVASSOS, M. P.; BAISCH, P. **Arsenic enrichment in shelf and coastal sediment of the Brazilian subtropics**. Continental Shelf Research, v.35, p. 129–136, 2012.
- MORSE, J. C.; HOLZENTHAL, R. W. Trichoptera Genera. Cap. 18. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (Eds.). **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3.ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.
- MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J.L.; BAPTISTA, D.F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro**. Technical Books Editora, Rio de Janeiro, 174p., 2010.

MÜLLER, O. F. **Vermium terrestrium et fluvialium, sen animalium infusoriorum, helminthicorum, et testaceorum, non marinorum, succincta historia**, Vol. 2, Testacea. Havnie et Lipsiae. 214 pp. 1774.

NIESER, N.; MELO, A.L. **Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais**, Guia introdutório com chave de identificação para as espécies de Gerromorpha e Nepomorpha. Editora UFMG, Belo Horizonte, 180 p., 1997.

OLIFIERS, M.H., DORVILLÉ, L.F.M.; NESSIMIAN, J.L.; HAMADA, N. **A key to brazilian genera of Plecoptera (Insecta) based on nymphs**. Zootaxa, 652, p. 1-15, 2004.

OLIVEIRA, L. G. Trichoptera. In: COSTA, C., IDE, S. e SIMONKA, C. E. (eds.) **Insetos Imaturos**. Metamorfose e identificação. Holos, Editora. Ribeirão Preto, 2006.

PACHECO, A. A. 2015. (Tese de Doutorado). **Avaliação da Contaminação em Solos e Sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio doce por Metais Pesados e sua relação com o fundo natural geoquímico**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG 184p. 2015.

PAGGI, C. Diptera: Chironomidae. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMÍNGUEZ, E. (eds.) **Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.

PAPROCKI, H; HOLZENTHAL, R.W. e BLAHNIK. **Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil**. Biota Neotropica, v.4 n.1, 22p., 2004.

PATRICK, R. & REIMER, C.W. **The diatoms of the United States**. Academy of Natural Sciences, Philadelphia. 1966.

PÉREZ, G.R. **Guía para el estudio de los macro-invertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia, 217p., 1996.

PES, A.M.O.; HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L. Chave de identificação de larvas para famílias e gêneros de Trichoptera (Insecta) da Amazônia Central, Brasil. **Rev. Bras. Entomol.** 49, p. 181-204, 2005.

PINDER, L. C. V.; REISS, F. The larvae of Chironominae (Diptera: Chironomidae) of the Holarctic region- Keys and diagnoses. In: WIEDERHOLM, T (ed.). Chironomidae of the Holarctic region part 1. Larvae. **Entomologica scandinavica supplement**. Sandby, 1983.

PINHO, L.C. Diptera. In: Guia on-line: **Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.), 20p., 2008. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/.

PRYGIEL, J; COSTE, M; BUKOWSKA, J. Review of the major diatom-based techniques for the quality assessment of rivers - State of the art in Europe. In Prygiel, J., B. A. Whitton & J. Bukowska (eds), **Use Of Algae for Monitoring Rivers III**. Agence de l'Eau Artois- Picardie, France.1999.

PUPPIM, L. G. **Avaliação de metais pesados e biomarcadores fecais no sedimento da foz do rio Doce Linhares** – ES. Monografia, Vitória, 2014.

REYNOLDS, C. S.; HUSZAR V.; KRUK C.;, NASELLI-FLORES L.; MELO S. **Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton**. Journal of Plankton Research. V.24, p 417-428, 2002

ROMERO, F. Plecoptera. In: FERNÁNDEZ, H. R. & DOMINGUEZ, E. (eds). **Guia para La determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. Tucumán, Argentina. Editorial Universitaria de Tucumán. 2001.

ROUND, F. E. **Biologia das Algas**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A., 262p. 1993.

SALLES, F. F.; DA- SILVA, E, SERRÃO, J. E. & FRANCISCHETTI C. N. **Baetidae (Ephemeroptera) na região sudeste do Brasil: novos registros e chave para os gêneros no estágio ninfal**. Neotropica entomology. v.33, n.5, p.725-735, 2004a.

SALLES, F. F.; DA- SILVA, E.; HUBBARD, M. D. & SERRÃO, J. E.. 2004 (B). **As espécies de Ephemeroptera (Insecta) registradas para o Brasil**. Biota neotropica. v.4, n.2, 2004b.

SALLES, F.F. **Lista das espécies de Ephemeroptera registradas para o Brasil**. 2009 Disponível em: <http://ephemeroptera.br.googlepages.com/home>.

SIMPSON, E.H. **Measurement of diversity**. Nature 163:688. 1949.

SOMMER, U. **Does nutrient competition among phytoplankton occur in situ?** Verh. Int. Verein. Limnol., 23, 707–712. 1988.

SOMMER. U. The role of competition for resources in phytoplankton species succession. In: Sornmer. U. (ed.) **Plankton ecology - succession in plankton communities**. Berlin: Springer, p. 57-106. 1989.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. Odonata. In: Guia on-line: **Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo**. Froehlich, C.G. (org.), 23p. 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online/

STEWART K. W.; HARPER, P. P. Plecoptera. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America, 1996.

STUMM, W., MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: Chemical equilibria and rates in natural waters**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1996. 1022 p

TRIVINHO – STRIXINO, S. & STRIXINO, G. Larvas de Chironomidae (Díptera) do estado de São Paulo – **Guia de Identificação e Diagnose dos gêneros – PPG – ERN/UFSCar**, São Carlos – São Paulo, 229p. 1995.

TRIVINHO-STRIXINO, S.; STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros**. PPG- ERN/ UFSCAR, São Carlos. 1995.

UNESCO. **Monitoring biological variables related to marine pollution**. Reports on studies, 12, 22p. 1980.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: Technical Manual**. EPA-823-B-01-002. United States Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC, USA. 2001.

UTERMÖHL, H. **Zur Vervollkommen der quantitativen Phytoplankton: methodik**. Mitteilungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 9:1-38. 1958.

WARWICK, R.M. **A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities**. Mar. Bio. 92: 557-562. 1986.

WEISBERG, S.B.; J.A. RANASINGUE; D.M. DAUER; L.C. SCAFFNER; R.J. DIAZ & J.B. FRITHSEN. **An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay**. Estuaries 20(1): 149-158. 1997.

WESTFALL Jr., M. J.; TENNESSEN K. J. Odonata. In: MERRITT, R. W. & CUMMINS K. W. (eds.). **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3 ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. 164-211. 1996.

WETZEL, R.G. **Limnologia**. Lisboa; Fundação Calouste Gulbenkian, 919p. 1993.

WHITE, D. S.; BRIGHAM, W. U. Aquatic Coleoptera. In: Merritt, R. W. and Cummins K. W. (eds.). **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3. ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America. p.399-473. 1996.

WIGGINS, G. B. Trichoptera Families. In: MERRITT, R. W. and CUMMINS K. W. (Eds.). **An Introduction to the Aquatic Insects of North America**. 3 .ed. Kendall/Hunt Publishing Company, United States of America.p.309-349,1996.